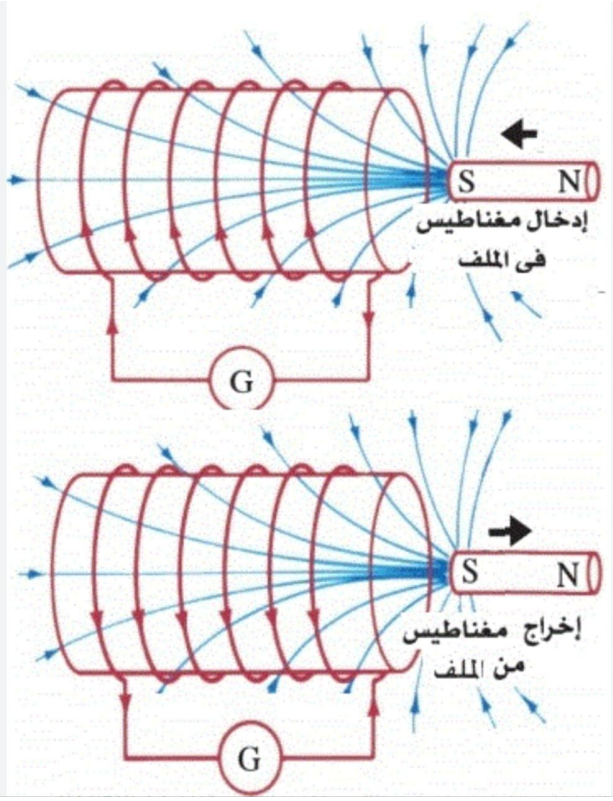
المثالي

في الفيزياء

الوحدة الخامسة

الحث الكهرومغناطيسي وأشباه الموصلات



اعداد الأستاذ

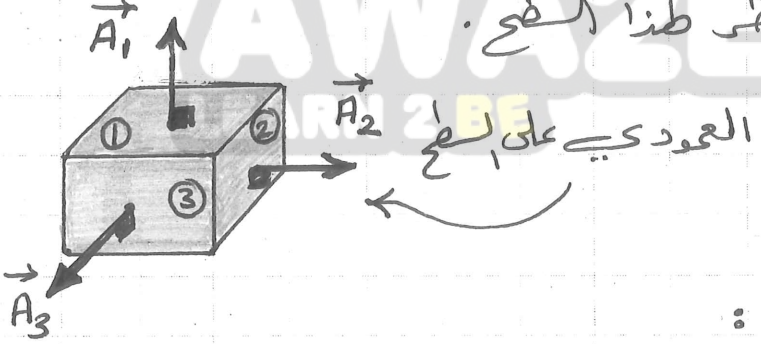
أحمد شقبوعة

AWA2EL
LEARN 2 BE

التدفق المغناطيسي (Φ_B) :

- متجه المساحة ($\vec{A}$) (العمودي على السطح) :

هو متجه مقداره يساوي مساحة السطح واتجاهه عمودي على سطح خارجاً منه نحو الناظر لهذا السطح.

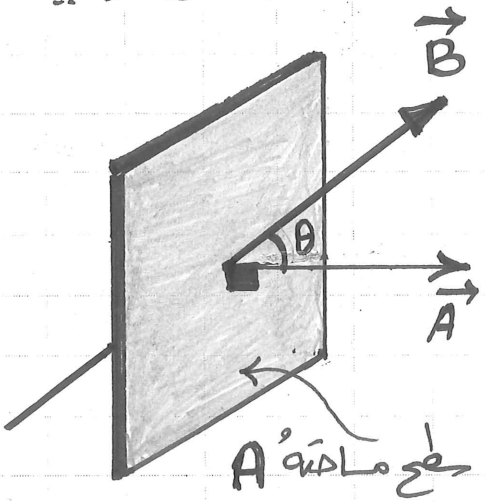


التدفق المغناطيسي (Φ_B) :

هو عدد خطوط المجال المغناطيسي التي تخترق سطحاً ما بشكل عمودي على ذلك السطح وهو كمية قياسية.

ونعبّر عن مقداره بالعلاقة :

$$\Phi_B = \vec{B} \cdot \vec{A} = BA\cos\theta \quad ...T.m^2 = Wb$$



لاحظ أن وحدة قياس التدفق هي ($T.m^2$) والتي تسمى ويبر (Wb).

سؤال : ما هي العوامل التي يعتمد عليها التدفق المغناطيسي عبر سطح ؟

الجواب : يتناسب طردياً مع :

1. مقدار المجال المغناطيسي المؤثر عليه.
2. مقدار مساحة السطح الذي نحسب التدفق عليه.
3. جيب تمام الزاوية (θ) ($\cos\theta$) بين متجه المجال $\vec{B}$ ومتجه المساحة لذلك السطح :-

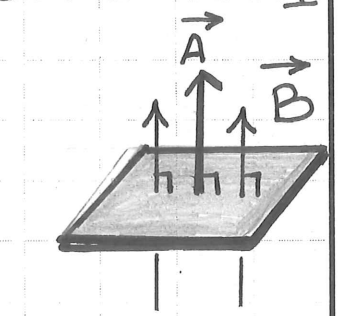
سؤال: سطح مساحته $(5m^2)$ يؤثر عليه مجال مغناطيسي $(4\ T)$ بحيث يصنع زاوية $(30°)$ مع مستوى السطح....
إحسب التدفق عبر هذا السطح.

AWA2EL LEARN 2 BE

بالنسبة للتدفق المغناطيسي عبر سطح لدينا حالتان هامتان:

$\vec{B}$ عمودي على السطح

B_1 خارج من السطح



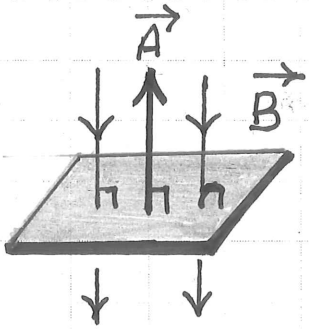
$\theta = 0$

$\phi_B = BA\cos(0)$

$\phi_B = +BA$

التدفق خارج

B_1 داخل إلى السطح



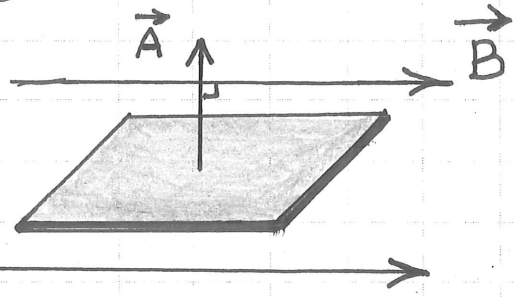
$\theta = 180$

$\phi_B = BA\cos 180$

$\phi_B = -BA$

التدفق داخل

$\vec{B}$ يوازي السطح



$\theta = 90°$

$\phi_B = BA\cos 90 = 0$

لأن المجال الذي يوازي السطح لا يخترقه.

معاني إشارات التدفق المغناطيسي:

1. ϕ_B (موجب): يعني أن خطوط المجال خارجة من السطح.
2. ϕ_B (سالب): يعني أن خطوط المجال داخلة إلى السطح.
3. ϕ_B = صفر: يعني أن خطوط المجال توازي السطح ولا تخترقه.

* نتيجة هامة: إنعكاس التدفق أو انعكاس اتجاه المجال $\vec{B}$ يؤدي الى إنعكاس اشارة التدفق.

مثال: سطح التدفق عبرهُ (5Wb) اذا عُكس التدفق أو اذا عُكس اتجاه المجال المغناطيسي:

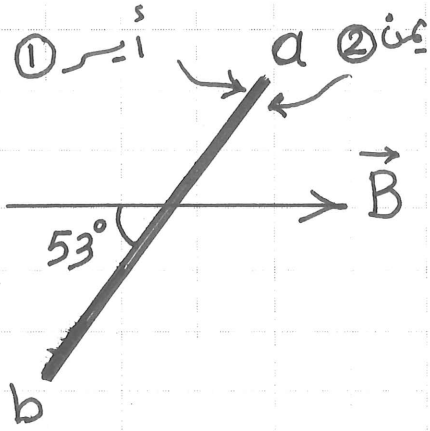
1. كم يصبح التدفق المغناطيسي.
2. احسب التغير في التدفق عبر هذا السطح.

الحل:

1. $\phi_i = 5\,Wb \longrightarrow \phi_f = -5\,Wb$

2. $\Delta\phi = \phi_f - \phi_i = -5 - 5 = -10\,Wb.$

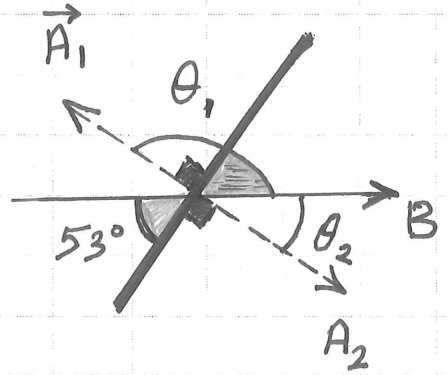
سؤال: الشكل المجاور يمثل الحرف الجانبي للسطح (ab) مساحته ($5m^2$) ويخترقه مجال مغناطيسي (4 T)



إحسب التدفق المغناطيسي

1. عبر الجانب الايسر.
2. عبر الجانب الايمن.

إعتبر: $(\cos 37 = 0.8 \quad \cos 53 = 0.6)$



الحل: من الشكل واضح أن:

$\theta_1 = 180 - 37 = 143^\circ$ or $\theta_1 = 90 + 53^\circ = 143^\circ$

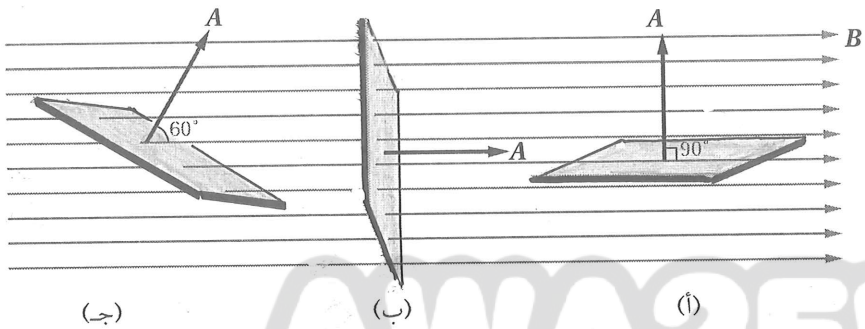
$\theta_2 = 37^\circ$

$\phi_1 = BA\cos\theta_1 = (4)(5)\cos(143)$

$= (20)(-\cos 37) = (20)(-0.8)$

$= -16\,Wb$

$\phi_2 = BA\cos\theta_2 = (4)(5)\cos 37 = 16\,Wb$



سؤال: الشكل يمثل ثلاثة سطوح متماثلة موضوعة في المجال المغناطيسي بقية أحدد العبارات التالية صحيحة:

أ) $\Phi_P > \Phi_ب > \Phi_ج$

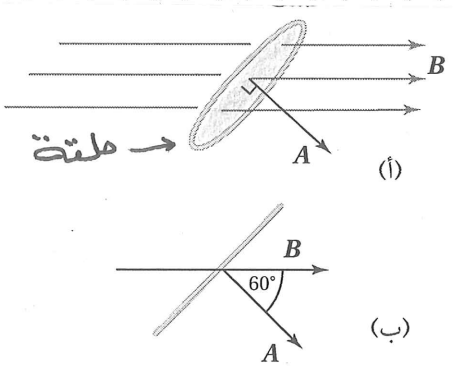
ب) $\Phi_ب > \Phi_ج > \Phi_P$

ج) $\Phi_ج > \Phi_ب > \Phi_P$

د) $\Phi_P = \Phi_ب = \Phi_ج$

Q1:

حلقة دائريّة مساحتها ($3.0 \times 10^{-4}\ m^2$)، موضوعة في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (120 mT) على نحو ما هو موضّح في الشكل (أ). ويوضّح الشكل (ب) منظرًا جانبيًّا للحلقة، حيث الزاوية المحصورة بين متّجهي المجال المغناطيسي والمساحة (60°). أحسب التدفّق المغناطيسيّ عبر الحلقة:



(أ) حلقة دائريّة مغمورة في مجال مغناطيسي.
(ب) الزاوية بين متّجهي المجال المغناطيسيّ والمِساحة.

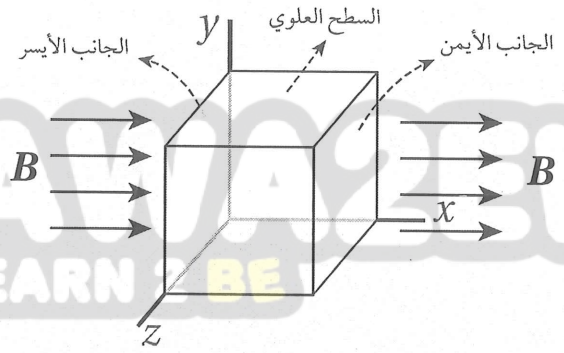
أ. على نحو ما هي موضّحة في الشكل (أ).

ب. عندما يكون مستوى الحلقة عموديًّا على اتجاه المجال المغناطيسي.

جـ. عندما يكون مستوى الحلقة موازيًا لاتجاه المجال المغناطيسي.

Q2 :

مكعب طول ضلعه (2.0 cm)، موضوع في مجال مغناطيسي منتظم مقداره (1.5 T) على نحو ما هو موضَّح في الشكل (5). أحسب التدفّق المغناطيسيّ الكلي عبر المكعّب.



الحل: لاحظ أنه التدفق عبر السطوح: (العلوي والسفلي والدمامي والخلفي) يساوي صفر لأنها تتوازى مع خط المجال $(\vec{B})$ لذلك $\theta = 90°$ فالتدفق صفر.

$$\therefore \Phi_{Total} = \underset{\text{أيسر}}{\Phi_1} + \underset{\text{أيمن}}{\Phi_2} \quad \cdots A = 2\times 2 = 4\,cm^2 = 4\times10^{-4}\,m^2.$$

$$= BA_1\cos\theta_1 + BA_2\cos\theta_2$$

$$= (1.5)(4\times10^{-4})\cos 180 + (1.5)(4\times10^{-4})\cos 0$$

$$= -6\times10^{-4} + 6\times10^{-4} = \text{Zero}.$$

نتيجة: التدفق الكلي عبر سطح مقفل مغمور في مجال مغناطيسي يساوي صفر.

السبب: لأن عدد خطوط المجال المغناطيسي الداخل الى السطح يساوي عدد خطوط المجال الخارجة منه.

التغير في التدفق المغناطيسي ($\Delta\Phi_B$):

يرتبط الحث الكهرومغناطيسي إرتباط وثيقه بالتغيّر في التدفق المغناطيسي.

سؤال: اذكر ثلاثة طرق لتغيير التدفق المغناطيسي عبر سطح أو ملف مغمور في مجال مغناطيسي....

$$\Phi = BA\cos\theta \Rightarrow \Delta\Phi = \Delta(B$$

1. اذا تغير المجال المغناطيسي $\Delta\Phi = (\Delta B)A\cos\theta$

2. اذا تغيرت المساحة (مساحة السطح) $\Delta\Phi = B(\Delta A)\cos\theta$

3. اذا تغيرت الزاوية (θ) بين اتجاه (B) ومتجه المساحة عند دوران الملف $\Delta\Phi = BA(\cos\theta_2 - \cos\theta_1)$

ملاحظة هامة: إنعكاس المجال هو تغيّر في الزاوية بمقدار 180°

حالة خاصة:

$\theta_2 = 180$ $\theta_1 = 0$

$$\Delta\Phi = BA(\cos 180 - \cos 0)$$

* اذا تغيّرت عوامل التدفق من (B_1, A_1, θ_1) الى (B_2, A_2, θ_2)

نكتب: $\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = B_2A_2\cos\theta_2 - B_1A_1\cos\theta_1$

في الحقيقة هذه حالة عامة و اكالات (ثلاثة اعلاه حالات خاصة منها....

* معاني إشارات التغيّر في التدفق ($\Delta\phi$) :

1. $\Delta\phi$ (موجب) : حدث زيادة في التدفق .
2. $\Delta\phi$ (سالب) : حدث نقص في التدفق .
3. $\Delta\phi$ = صفر : التدفق ثابت لم يتغيّر .

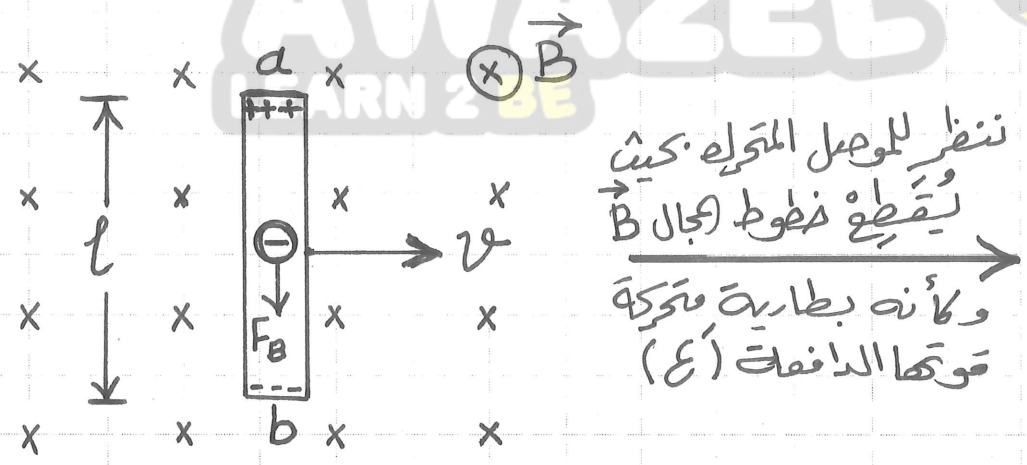
* $\Delta\phi$: التغيّر في التدفق المغناطيسي ويقاس بوحدة (Wb)

* $\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$: المعدل الزمني للتغيّر في التدفق المغناطيسي ويقاس بوحدة (Wb/s) ...

وهو مفهوم أساسي في علم الحث الكهرومغناطيسي

فكرة الحث : القوة الدافعة الكهربائية الحثية في موصل متحرك .

في الوحدة السابقة تحدثنا عن توليد مجال مغناطيسي من تيار كهربائي أما في هذه الوحدة سنتحدث عن توليد التيار الكهربائي من المجال المغناطيسي وهو ما يسمى بظاهرة الحث الكهرومغناطيسي .



موصل يتحرك عمودياً على طوله وعلى إتجاه المجال المغناطيسي

$(v \perp l , v \perp B , l \perp B)$

$V_{ab} = \varepsilon' = Blv$

سؤال : في الشكل موصل (ab) مغمور في مجال مغناطيسي $(\vec{B})$ باتجاه $(-z)$ يُسحب بسرعة (v) باتجاه $(+x)$ ... فتولد قوة دافعة حثية بين طرفيه فسر ذلك .

الجواب : أثناء حركة الموصل تتحرك معه الإلكترونات الحرة نحو $(+x)$ لذلك تتأثر بقوة مغناطيسية باتجاه $(-y)$ حسب قاعدة كف اليد اليمنى ، لذلك تتجمع شحنات سالبة عند الطرف (b) تاركة خلفها شحنات موجبة عند (a) فيصبح جهد الطرف (a) أكبر من جهد الطرف (b) ، أي يتولد فرق في الجهد بين طرفيه يسمى القوة الدافعة الحثية ويرمز له (ε') .

$V_a > V_b \rightarrow V_{ab} = \varepsilon' = vlB$ .. Volt

سؤال : ماهي العوامل التي يعتمد عليها مقدار القوة الدافعة الحثية المتولدة في موصل يُقطع خطوط مجال مغناطيسي ؟

الجواب : يتناسب مقدار القوة الدافعة الحثية طردياً مع كل من :

أ. مقدار المجال المغناطيسي (B) .
ب. طول الموصل المغمور في المجال المغناطيسي (ℓ) .
ج. مقدار سرعة الموصل (v) .

ملاحظات هامة :

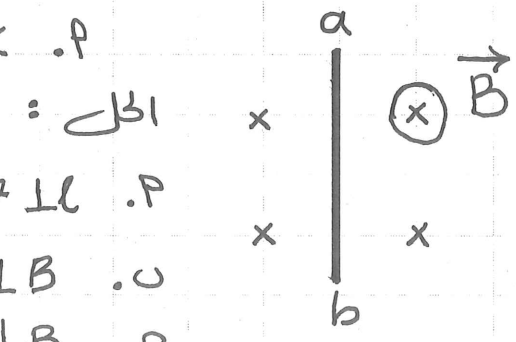
① حتى تتولد قوة دافعة حثية (ε) في موصل يتحرك في مجال مغناطيسي يجب أن يُقطع خطوط المجال المغناطيسي أثناء حركته .

* شرط تولد (ε) في موصل أو شرط التقطيع ← $(v \perp B \perp \ell)$

هذا يعني أنك اذا توازى اي متجهين من (v, B, ℓ) فإن الموصل لا يُقطع خطوط المجال (B) فلا يتولد فيه قوة دافعة حثية (ε) .

مثال توضيحي : في الشكل أدناه هل تتولد قوة دافعة حثية (ε) اذا كانت حركة الموصل (ab) باتجاه :

أ. $+x$ ب. $+y$ ج. $+z$



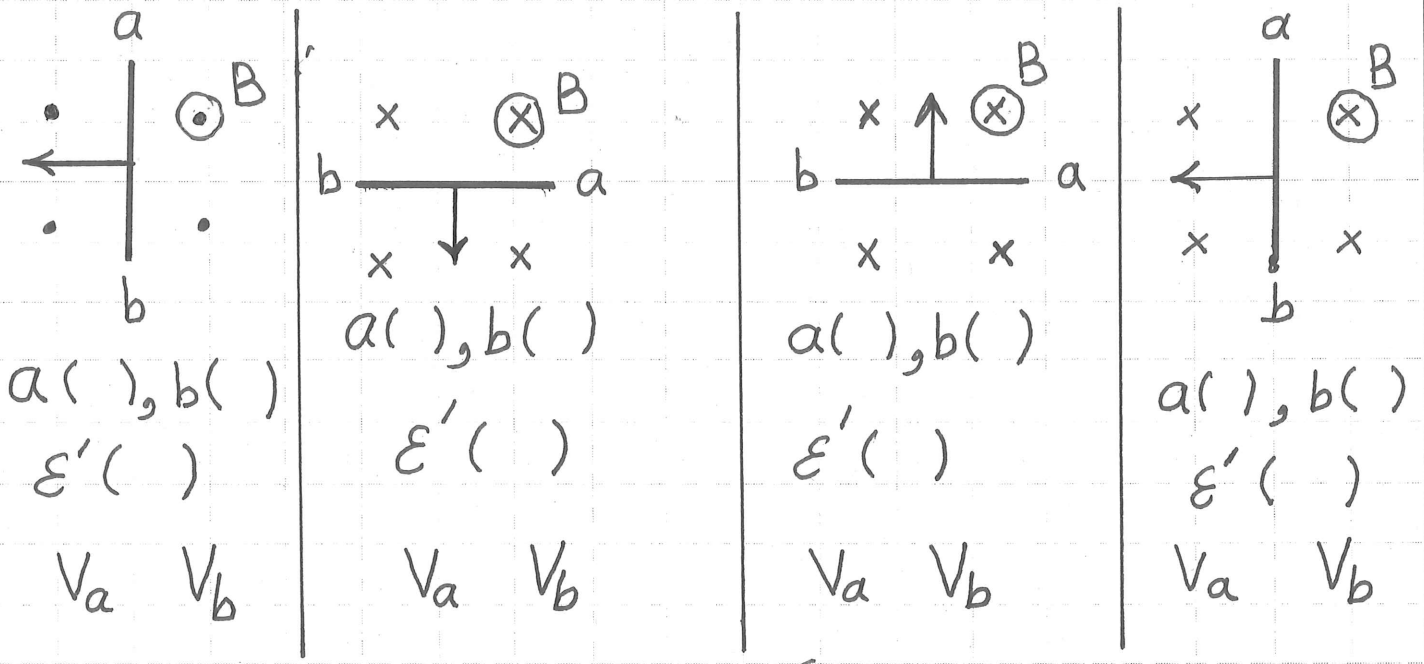
الحل :

أ. $B \perp \ell$ ، $v \perp B$ ، $v \perp \ell$ ⇐ يتولد ε .
ب. $v \perp B$ ، $v \parallel \ell$ ⇐ لا يتولد ε .
ج. $\ell \perp B$ ، $v \parallel B$ ⇐ لا يتولد ε .

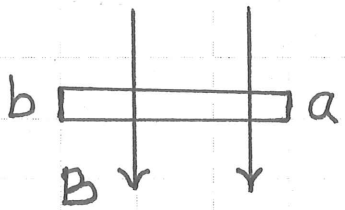
② عند وضع إبهام اليد اليمنى مع إتجاه السرعة والأصابع مع المجال (B) عندها يشير الرمز (العمود) الخارج من باطن اليد الى كل من :

- موقع القطب الموجب (الجهد المرتفع).
- اتجاه ε'
- اتجاه التيار الحثي $\bar{I}$ داخل الموصل المتحرك عندما يكون جزء من دارة مغلقة

تمرين : حدد إتجاه (ε') وموقع القطب الموجب وأيهما أعلى جهداً a أم b.

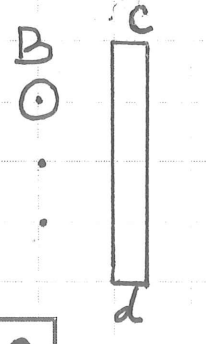


سؤال : في الشكل المجاور حتى يكون الطرف (b) موجباً بالنسبة للطرف (a)، فإن اتجاه الحركة يجب أن يكون :



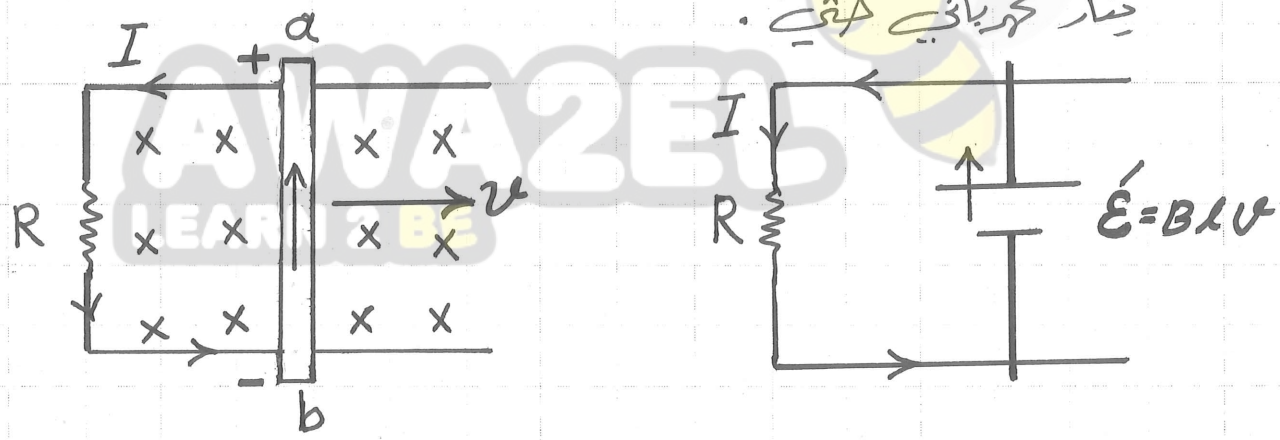
أ. $\bar{y}$ ب. $-x$ ج. $-z$ د. $+z$

سؤال : في الشكل موصل في مجال مغناطيسي حتى يكون $V_c > V_b$ فإن الموصل يجب أن يتحرك باتجاه ...



أ. $+x$ ب. $-x$ ج. $+y$ د. $-y$

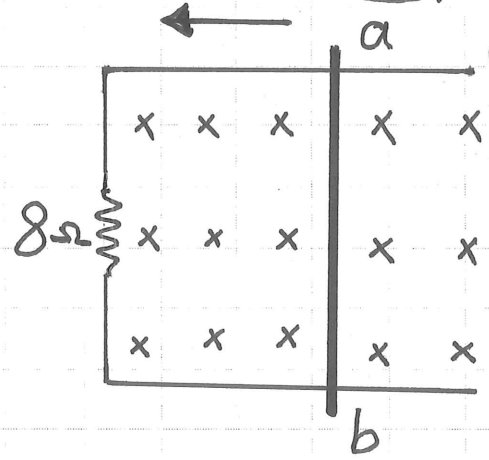
* للحصول على تيار حثي من القوة الدافعة الحثية المتولدة في الموصل نجعل حركة الموصل على سكة بحيث يشكل معها دارة مغلقة فتصبح ($\mathcal{E}'$) مصدراً للطاقة الكهربائية تولد تيار كهربائي حثي.



ولإيجاد التيار الحثي I ←

$$I = \frac{\mathcal{E}'}{R_{eq}}$$

Q1: في الشكل الموصل (ab) طوله ($\frac{1}{4}$ m) يتحرك بسرعة (40 m/s) باتجاه (-x) في مجال مغناطيسي (2T) باتجاه (-z) اذا كانت مقاومة هذا الموصل (2Ω) أوجد:



1. القوة الدافعة الحثية المتولدة فيه وحدد إتجاهها
2. جد مقدار واتجاه التيار الحثي المتولد وحدد اتجاهه داخل الموصل.
3. إحسب فرق الجهد بين طرفي الموصل ($V_{ba} = V_b - V_a$).
4. احسب القدرة المستهلكة في المقاومة الخارجية (8Ω)
5. ما مقدار واتجاه السرعة التي يجب أن يتحرك بها الموصل حتى يتولد تيار مقداره (3A) باتجاه عكس عقارب الساعة.

الحل:

1. $\mathcal{E}' = Blv = (2)(\frac{1}{4})(40) = 20$ volt $\Rightarrow (-y)$

2. $I = \frac{\mathcal{E}'}{Req} = \frac{20}{8+2} = 2A$ .... $(-y) \Rightarrow$ عكس عقارب الساعة

3. $V_{ba} = \mathcal{E}' - Ir$ هنا الموصل يمكن إعتباره بطارية حقيقية مقاومتها الداخلية (2Ω)

$= (20) - (2)(2)$

$= 16$ Volt.

ومن الممكن حساب V_{ba} مروراً بالمقاومة (8Ω) عن طريق قانون أوم

$V_{ba} = IR$

$= (2)(8) = 16$ Volt

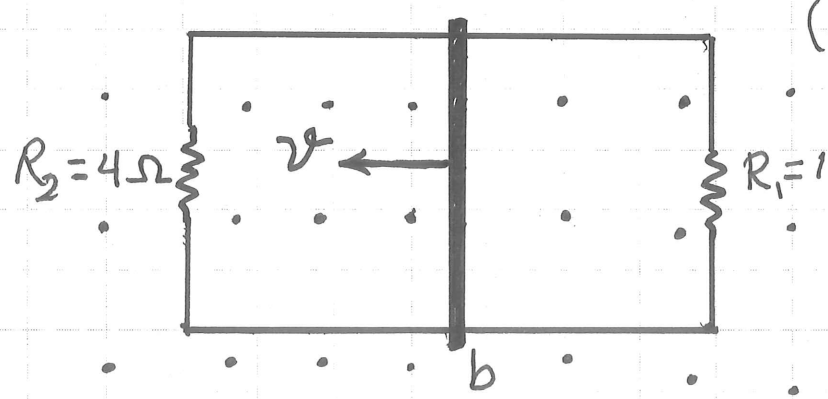
4. $P = I^2R = (2)^2(8) = 32$ watt.

5. $I = \frac{\mathcal{E}'}{Req} \Rightarrow 3 = \frac{\mathcal{E}'}{10} \Rightarrow \mathcal{E}' = 30$ Volt.

$\mathcal{E}' = Blv \Rightarrow 30 = (2)(\frac{1}{4})(V) \Rightarrow V = 60$ m/s

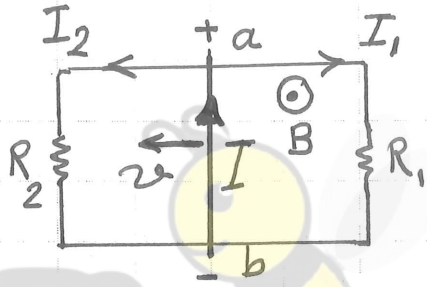
وحتى يكون التيار عكس عقارب الساعة يجب أن تكون السرعة باتجاه $(+x)$.

Q_2: في الشكل الموصل (ab) عديم المقاومة طوله $(\frac{1}{4}m)$ ويتحرك بسرعة $(4\ m/s)$ في مجال مغناطيسي مقداره $(20\ T)$ باتجاه $(+z)$ .... جد:



1. V_{ab}
2. التيار المار في R_1 و R_2 وحدد اتجاهه.
3. التيار المار في الموصل $(ab) \Leftarrow$ 4. القدرة المستهلكة في R_1 و R_2

الحل:



الشكل يمثل السيارات في الدارة

1. $V_{ab} = \mathcal{E}' = B\ell v$ ..... $(\gamma = 0)$

هذا الوصل (ab) يُعامل مثل بطارية مثالية ليس لها مقاومة داخلية

$V_{ab} = \mathcal{E}' = (20)(\frac{1}{4})(4)$

$= 20$ Volt.

2. V_{ab} يساوي R_2 و R_1 لاحظ الاتجاه فرق الجهد بينهما طردي

$V_1 = V_2 = V_{ab} = 20$ V

$I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{20}{10} = 2$ A ... مع عقارب الساعة

$I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{20}{4} = 5$ A .. عكس عقارب الساعة

3. $I = I_1 + I_2 = 2 + 5 = 7$ A

4. $P_1 = I_1^2 R_1 = (2)^2(10) = 40$ Watt.

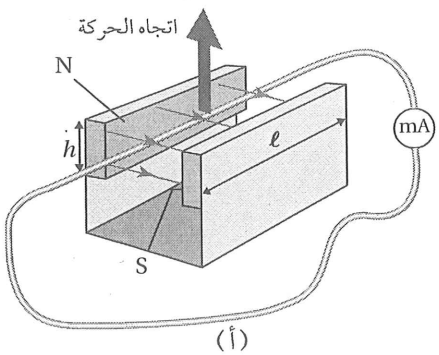
$P_2 = I_2^2 R_2 = (5)^2(4) = 100$ Watt.

Q3: للطالب

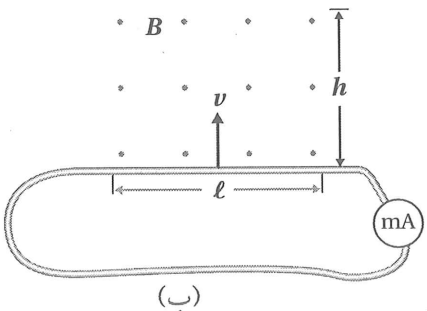
يتقابل القطبان الشماليّ N والجنوبيّ S لمغناطيسين، طول كلٍّ منهما ($\ell = 20.0$ cm)، وارتفاع كلٍّ منهما ($h = 6.00$ cm)، بينهما مجال مغناطيسي منتظم مقداره (54.0 mT). أتأمّل الشكل (أ). حُرِّك سلكٌ مشدودٌ موصولٌ بملي أميتر من الطرف السفلي للمغناطيسين إلى الطرف العلويّ عموديًّا على اتّجاه خطوط المجال المغناطيسيّ خلال مدّة زمنيّة مقدارها (0.200 s)، على نحو ما هو موضح في الشكل (ب). أحسب ما يأتي:

أ. القوة الدافعة الكهربائيّة الحثّيّة المتولّدة في السلك.

ب. التيّار الكهربائيّ الحثّي المارّ في الملي أميتر إذا علمت أنّ المقاومة الكهربائيّة للدارة (2.0 Ω).



(أ)



(ب)

الشكل
(أ) تحريك سلك عموديًّا على اتجاه خطوط مجالٍ مغناطيسيّ منتظم.
(ب) منظر أمامي لحركة السلك داخل المجال المغناطيسي.

الحل: نجد سرعة الوصل

1. $v = \frac{h}{t} = \frac{6\times10^{-2}}{2\times10^{-1}} = 0.3\ m/S$

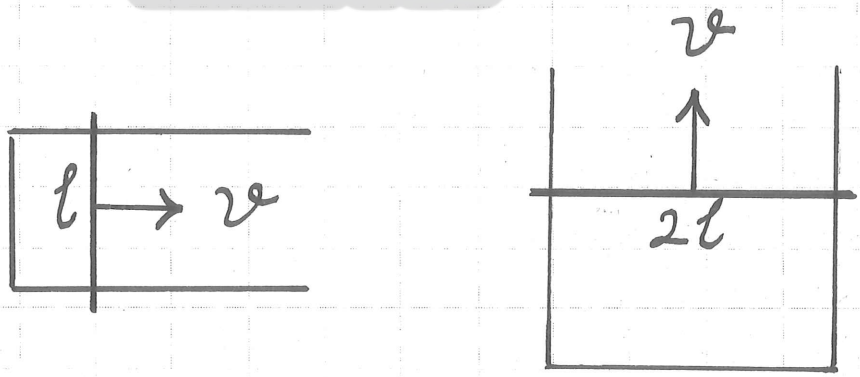
$\mathcal{E}' = B\ell v = (54\times10^{-3})(20\times10^{-2})(3\times10^{-1})$

$= 3.24\times10^{-3}$ volt.

2. $I = \frac{\mathcal{E}'}{R} = \frac{3.24\times10^{-3}}{2} = 1.62\times10^{-3}\ A = 1.62\ mA$

AWAEL LEARN 2 B2

السؤال 4:



(a) (b)

في الشكل دارتين (a, b) موضوعتين في نفس المجال المغناطيسي المنتظم (B) يتحرك كل موصل في الدارتين بنفس السرعة. تولد تيار حثي في الدارة (a) باتجاه مع عقارب الساعة

أ. ما اتجاه المجال المغناطيسي (B).

ب. ما إتجاه التيار الكهربائي في الدارة (b).

ج. هل مقدار القوة الدافعة الحثية المتولدة في الدارة (a) اكبر أم أقل أم يساوي لمقدار القوة الدافعة الحثية المتولدة في (b)..... فسر إجابتك.

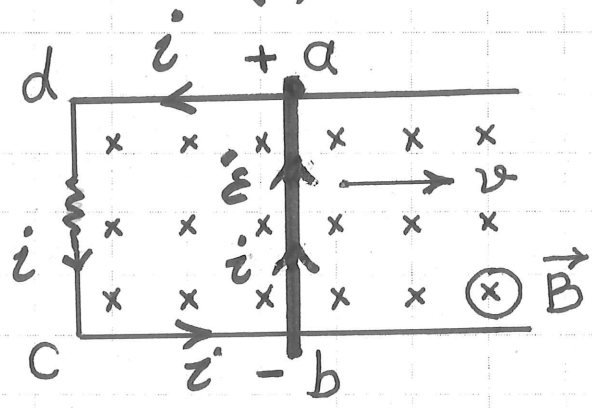
قانون فراداي في الحث الكهرومغناطيسي :

حاول فراداي أن يربط القوة الدافعة الحثية ($\mathcal{E}$) المتولدة في دارة مغلقة (ملف) مع التغيّر في التدفق المغناطيسي ($\Delta\Phi$) بداخل تلك الدارة ....

مثال يوضح فكرة فراداي

في الشكل (1) والشكل (2) أدناه .... دعنا نعتبر أن الدارة (abcda) عبارة عن ملف قابل للتغيّر في مساحته .... بالتالي فإن المساحة في الشكل (1) في حالة تزايد وفي الشكل (2) في حالة تناقص ...

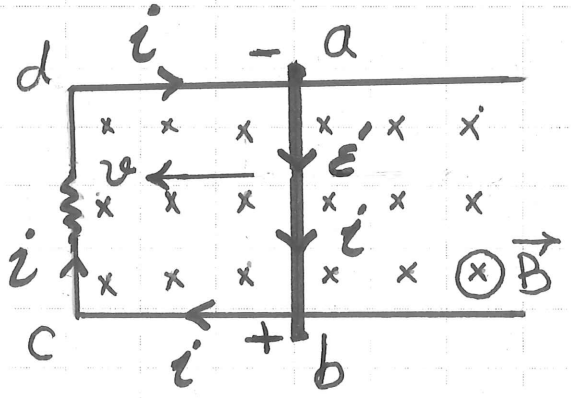
(1)



. هنا Φ يزداد ← $\Delta\Phi$ (+)

.. يتولد ($\mathcal{E}'$ ، i') باتجاه عكس عقارب الساعة

(2)



. هنا Φ يقل ← $\Delta\Phi$ (-)

.. يتولد ($\mathcal{E}'$ ، i') باتجاه مع عقارب الساعة .

* نلاحظ أن زيادة ونقص التدفق المغناطيسي بداخل الملف (abcda) يولدان قوة دافعة حثية وتيار حثي، لكن ($\mathcal{E}'$) الناتجة عن زيادة التدفق تعاكس ($\mathcal{E}'$) الناتجة عن نقص التدفق ....

نتيجة هامة :

إذا تغيّر (تزايد أو تناقص) التدفق المغناطيسي بداخل ملف أو دارة مغلقة فإنه يتولد فيها قوة دافعة حثية ($\mathcal{E}'$) ينتج عنها تيار حثي (i).

ملاحظات :

اذا توقف الموصل (ab) عن الحركة تنعدم ($\mathcal{E}'$) و (i) ويمكن تفسير ذلك بثلاث طرق :

① بلغة القانون : عند التوقف $v=0 \Leftarrow \mathcal{E}' = Blv = 0$.

② بلغة التقطيع : عند التوقف عن الحركة فإن الموصل (ab) لا يُقطّع خطوط المجال المغناطيسي (B) لذلك فإن $\mathcal{E}' = 0$.

③ بلغة التدفق : عند التوقف عن الحركة **يَثْبُتُ** التدفق عبر الملف $(abcda)$ لذلك تنعدم ($\mathcal{E}'$) ....

← أي أن العبرة في تغيّر التدفق وليس التدفق بحد ذاته ..

الخلاصة :

المسبب لكل الظواهر الحثية في الدارات المغلقة هو تغيّر التدفق المغناطيسي بداخل الدارة ، والتغيّر نوعان إما زيادة أو نقصان والفرق بين التغيرين هو إتجاه ($\mathcal{E}'$ ، i) بحيث اذا ولدت زيادة التدفق ($\mathcal{E}'$) في إتجاه ما فإن نقص التدفق يولد ($\mathcal{E}'$) في الإتجاه المعاكس .

* تعريف ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي :

هي ظاهرة تولد تيار كهربائي في دارة كهربائية مغلقة عند تغيّر التدفق المغناطيسي الذي يخترقها، ويسمى التيار الكهربائي الحثي.

سؤال : ما المقصود بالتيار الكهربائي الحثي ؟

الجواب : هو التيار المتولد في دارة كهربائية مغلقة عند تغيّر التدفق المغناطيسي الذي يخترقها.

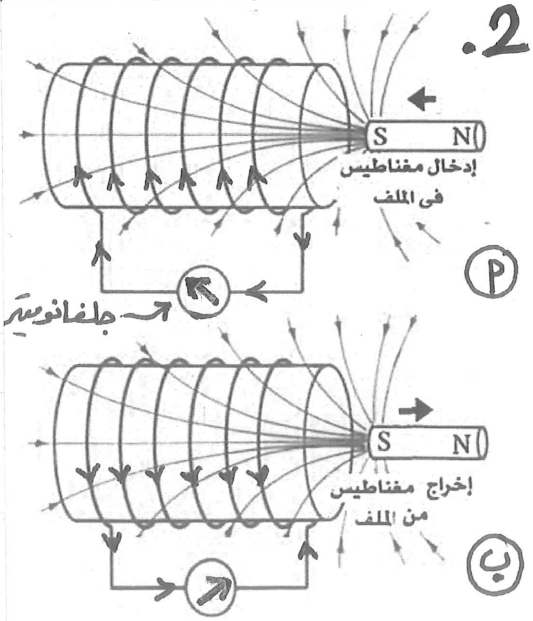
أمثلة توضيحية

1. الشكل يمثل حلقة معدنية مرنة :

أ. أثناء توسيع الحلقة أو انكماشها يتولد قوة دافعة حثية وتيار حثي والسبب زيادة أو نقص التدفق المغناطيسي بداخلها والفرق بين الحالتين إتجاه $\vec{B}$ و $\vec{n}$.

ب. تحريك الحلقة باتجاه $(+Z)$ أو $(-Z)$ لا يولّد قوة دافعة حثية لأن التدفق ثابت لا يتغيّر .

2.



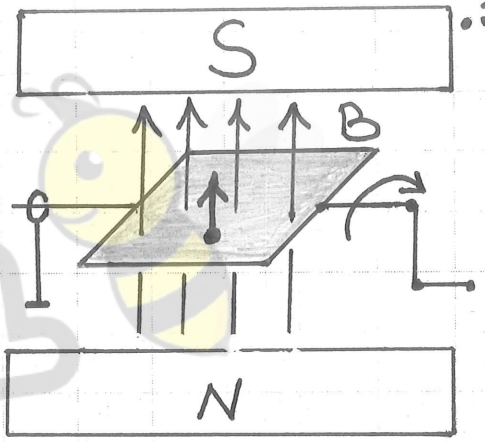
• يوضّح الشكل 2 ملفًّا موصولًا بغلفانوميتر، ومغناطيس مستقيم. عند تحريك المغناطيس نحو الملف، ينحرف مؤشّر الغلفانوميتر في اتّجاه معيّن، دالًّا على تولّد قوة دافعة كهربائية حثّية وسريان تيار كهربائي حثّي في الملف، أتأمّل الشكل (أ) أمّا عند إبعاد المغناطيس عن الملف، فإنّ مؤشّر الغلفانوميتر ينحرف في اتّجاه معاكس لاتّجاه انحرافه في الحالة السابقة، دالًّا على تولّد قوّة دافعة كهربائيّة حثّية، وسريان تيار كهربائيّ حثّي في الملف باتجاه معاكس. أتأمّل الشكل (ب).

* وأحصل على النتائج نفسها عند تثبيت المغناطيس وتحريك الملف.

•• عند توقف المغناطيس عن الحركة لا يتولد $\vec{B}$ و $\vec{n}$ لأن التدفق يثبت .

••• لو تحرك المغناطيس والملف بنفس السرعة وبقي الاتجاه لا يتولد $\vec{B}$ و $\vec{n}$ لأن Φ ثابت

.3



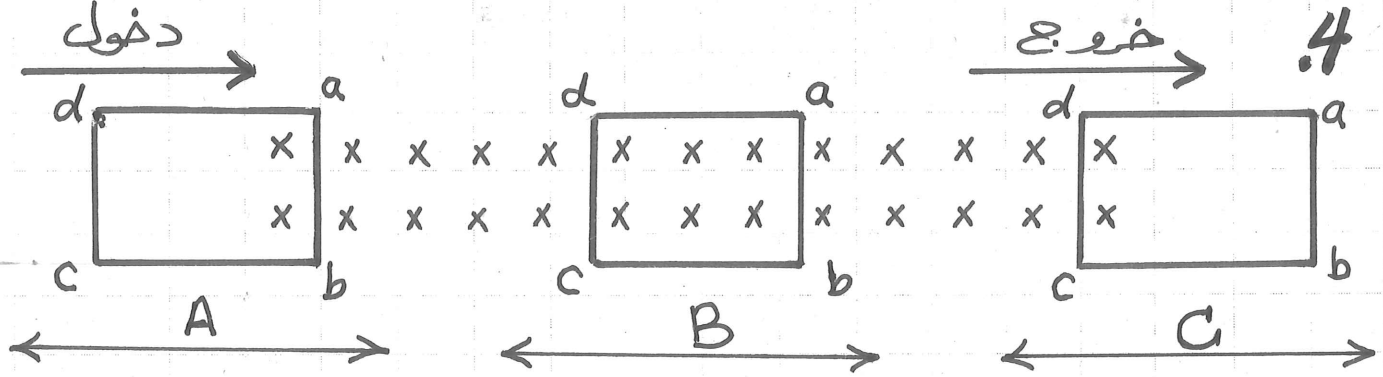
في الشكل ملف قابل للدوران حول محور دوراني في مجال مغناطيسي منتظم:

أثناء دوران الملف سيتولد باستمرار قوة دافعة حثية (ع) وتيار حثي (ح) لان التدفق مرة يكون متناقص ومرة يكون متزايد أي أن التغير في التدفق مستمر....

ملاحظة هامة جداً: يسمى التيار المتولد في هذه الحالة تيار متناوب أو متردد لأنه يتغير إتجاهه باستمرار.

نتابع مفهوم التيار المتردد أو المتناوب في الدرس الثاني والثالث من هذه الوحدة.

.4



ϕ يقل ← $\Delta\phi(-)$ ← يتولد (ع، ح)

ϕ ثابتة ← $\Delta\phi=0$ ← لا يتولد (ع، ح)

ϕ يزداد ← $\Delta\phi(+)$ ← يتولد (ع، ح)

في الشكل أعلاه ملف مستطيل (abcd) يتحرك نحو (+x) ويدخل الى منطقة تأثير مجال مغناطيسي منتظم باتجاه (-Z):

حالة (A): أثناء دخول الملف الى المجال يزداد التدفق المغناطيسي لذلك يتولد (ع، ح) عكس عقارب الساعة...

حالة (B): عندما يصبح الملف كاملاً ضمن المجال يثبت التدفق فلا يتولد (ع، ح)

حالة (C): أثناء خروج الملف من المجال يتناقص التدفق لذلك يتولد (ع، ح) مع عقارب الساعة.

لقد عبّر فرداي عن كل النتائج السابقة التي وصل اليها ، بواسطة قانون رياضي سمي بإسمه :

قانون فرداي .... $\mathcal{E} = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

نص قانون فرداي :

" مقدار القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في دارة كهربائية يتناسب طرديا مع المعدل الزمني لتغيّر التدفق المغناطيسي الذي يخترقها .

ملاحظات :

① N : عدد لفات الدارة أو الملف .

② $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$: المعدل الزمني للتغيّر في التدفق المغناطيسي .

③ $\mathcal{E}$ التي يحسبها قانون فرداي تسمى القوة الدافعة الحثية المتوسطة ويرمز لها أحيانا ($\bar{\mathcal{E}}$) .

④ يمكن حساب التيار الحثي المتولد حسب العلاقة $i = \frac{|\mathcal{E}|}{R_{eq}}$

سؤال : ما المعنى الفيزيائي للإشارة السالبة في قانون فرداي ؟

أو ما تفسير الاشارة السالبة في قانون فرداي ؟

الجواب : أن القوة الدافعة الحثية المتولّدة تكون في الاتجاه الذي يقاوم التغيّر في التدفق المغناطيسي الذي يؤدي الى توليدها .

.... وهذا التفسير يمثل نص قانون لنز الذي ندرسه لاحقاً .

ملاحظات هامة :

1. يتضح من قانون فراداي أن (ε و $\Delta\Phi$) متعاكستان في الإشارة ... لذلك فإن :

تقاوم

$\varepsilon(+) \longrightarrow \Delta\Phi(-) \longrightarrow \Phi$ نقص

$\varepsilon(-) \longrightarrow \Delta\Phi(+) \longrightarrow \Phi$ زيادة

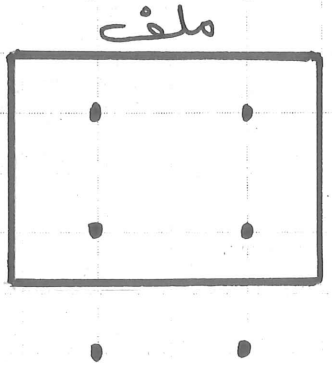
تقاوم

2. اذا ورد في السؤال أن المجال المغناطيسي عمودي على مستوى الملف فإننا نعتبر أن إتجاه ($\vec{B}$) مع اتجاه متجه المساحة ($\vec{A}$) ... أي أن ($\theta = 0$) ....
فإذا دار الملف أو تغير إتجاه المجال المغناطيسي ($\vec{B}$) فإن الزاوية تتغير بحيث

$\theta_1 = 0 \longrightarrow \theta_2 = ?$

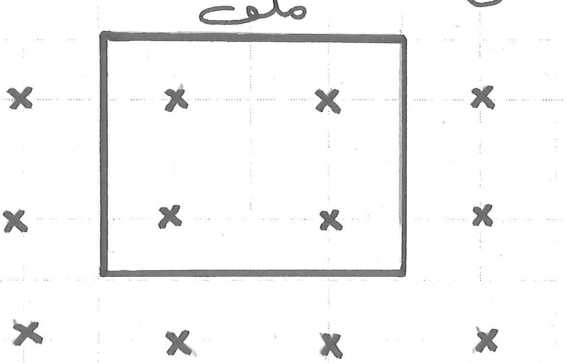
توضيح

① $\vec{B}$ ⊙



في الشكل مجال مغناطيسي عمودي على مستوى الملف ... $\theta_1 = 0$

② $\vec{B}$ ⊗



في الشكل مجال مغناطيسي عمودي على مستوى الملف $\theta_1 = 0$

* تخيل أن الناظر خلف الصفحة !!!

في الحالتين أعلاه لو دار الملف بأي زاوية فإن العمودي على سطح الملف يدور بنفس الزاوية لكن الزاوية الابتدائية في كلتا الحالتين تساوي صفر $\theta_1 = 0$.

في الحالتين السابقتين :

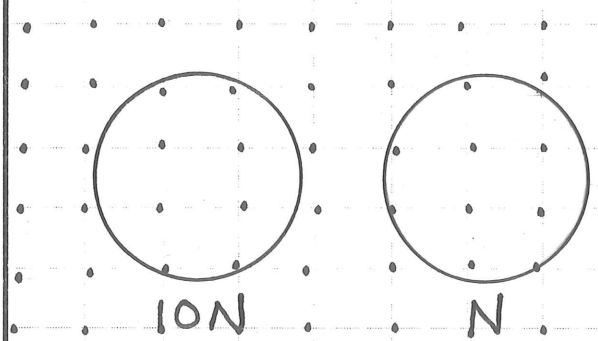
أ. لو دار الملف حول أحد أضلاعه ربع دورة .... $\frac{1}{4}\times 360 = 90^\circ$
تتغير الزاوية من $\theta_1 = 0$ الى $\theta_2 = 90^\circ$.

ب. لو دار الملف حول أحد أضلاعه سدس دورة ... $\frac{1}{6}\times 360 = 60^\circ$
تتغير الزاوية من $\theta_1 = 0$ الى $\theta_2 = 60^\circ$

ج. لو دار الملف حول أحد أضلاعه نصف دورة $\frac{1}{2}\times 360 = 180^\circ$
تتغير الزاوية من $\theta_1 = 0$ الى $\theta_2 = 180^\circ$

د. إنعكاس المجال $(\vec{B})$ تماماً مثل دوران الملف نصف دورة
حول أحد أضلاعه $\Leftarrow$ $\theta_1 = 0$ الى $\theta_2 = 180^\circ$

مسائل على قانون فراداي



Q_1 : في الشكل ملفان طما تقى
مساحة المقطع وعدد لفات
أحدهما (10) أمثال لفات الآخر

أ. اذا إخترقه كليهما تدفق مغناطيسي
ثابت ومتساوي أي منهما
يتولد فيه قوة دافعة حثية أكبر .

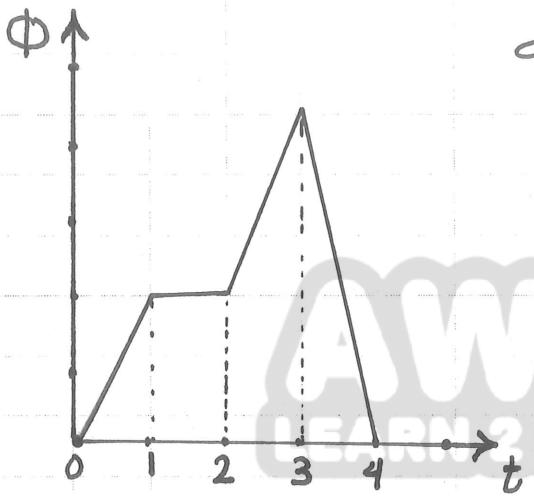
ب. اذا كان المعدل الزمني للتغيّر في التدفق المغناطيسي في كليهما
متساوي أي منهما يتولد فيه قوة دافعة حثية اكبر .

الحل : أ. بما أن التدفق ثابت في كليهما فإن $(\Delta\phi = 0)$ وبالتالي $\varepsilon' = 0$ في كليهما.

ب. $\left(\frac{\Delta\phi}{\Delta t}\right)$ متساوي للملفين .. والاشارة السالبة لاتدل على المقدار في
قانون فراداي .. لذلك : $\varepsilon' = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$

$\therefore \varepsilon'(10N) > \varepsilon'(N)$

Q2 : الشكل المجاور يمثل التدفق الذي يَعبُر ملف مع الزمن إن القوة الدافعة الحثية المتولدة في الملف تكون اكبر ما يمكن تكون في الثانية :-



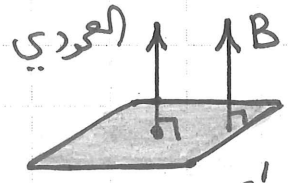
أ. الاولى ب. الثانية
ج. الثالثة د. الرابعة

Q3 : ملف عدد لفاته $(10^4 t)$ يؤثر عليه مجال مغناطيسي $(2\times10^{-3}\ T)$ بشكل عمودي على مستواه :

1. إحسب متوسط القوة الدافعة الحثية اذا تغيرت مساحة الملف من $3m^2$ الى $5m^2$ خلال $(1\times10^{-2}\ s)$.

2. إحسب متوسط القوة الدافعة الحثية إذا ثبتت المساحة عند $5m^2$ وزادت قيمة المجال المغناطيسي الى $(5\times10^{-3}\ T)$ خلال $(1\times10^{-2}\ sec)$.

3. اذا ثبتت المساحة عند $(5m^2)$ والمجال عند $(5\times10^{-3}\ T)$ ودار الملف حتى أصبح مستواه يوازي خطوط المجال المغناطيسي خلال $(1\times10^{-2}\ sec)$.



الحل : 1 . ذكر السؤال أن المجال عمودي على مستوى الملف

$$\Delta\phi = B(\Delta A)\cos\theta$$
$$= (2\times10^{-3})(5-3)(1)$$
$$= 4\times10^{-3}\ Wb$$

$$\varepsilon' = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} \rightarrow$$
$$\varepsilon' = -(10^4)\frac{4\times10^{-3}}{10^{-2}}$$
$$= -4\times10^{3}\ Volt$$

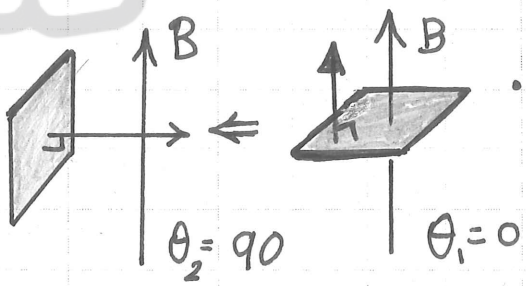
.2

$$\Delta\phi = (\Delta B)A\cos(0)$$
$$= (5\times10^{-3} - 2\times10^{-3})(5)(1)$$
$$= 15\times10^{-3}\ Wb.$$

$$\varepsilon' = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$$
$$= -(10^4)\ \frac{15\times10^{-3}}{1\times10^{-2}}$$
$$= -15\times10^{3}\ Volt.$$

.3

$$\Delta\phi = BA(\cos 90 - \cos 0)$$
$$= (5\times10^{-3})(5)(0-1)$$
$$= -25\times10^{-3}\ Wb$$



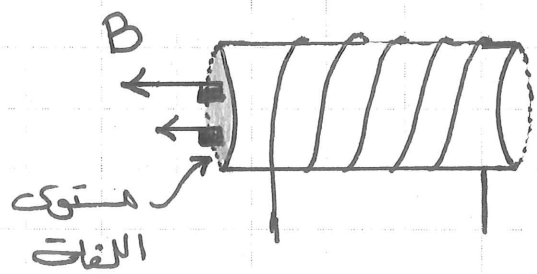
$$\therefore \varepsilon' = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -(10^4)\ \frac{-25\times10^{-3}}{10^{-2}} = 25\times10^{3}\ Volt.$$

Q4: يؤثر مجال مغناطيسي منتظم مقداره (0.2 T) عمودياً في مستوى لفات ملف لولبي عدد لفاته (500 t) ومساحة اللفة الواحدة ($100\ cm^2$)، احسب ε' المتولدة عندما:

1. ينعدم المجال المغناطيسي خلال فترة زمنية (0.1 sec).
2. ينعكس المجال المغناطيسي خلال فترة زمنية (0.1 sec).

1. $B_1 = 0.2\ T \rightarrow B_2 = 0$

$$\Delta\phi = \Delta B\ A\cos\theta$$
$$= (0 - 0.2)(100\times10^{-4})\cos(0)$$
$$= -20\times10^{-4}\ Wb$$

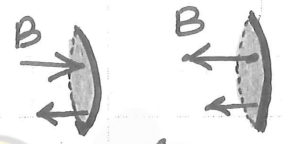


$$\therefore \varepsilon' = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -(500)\left(\frac{-20\times10^{-4}}{0.1}\right) = 10\ Volt$$

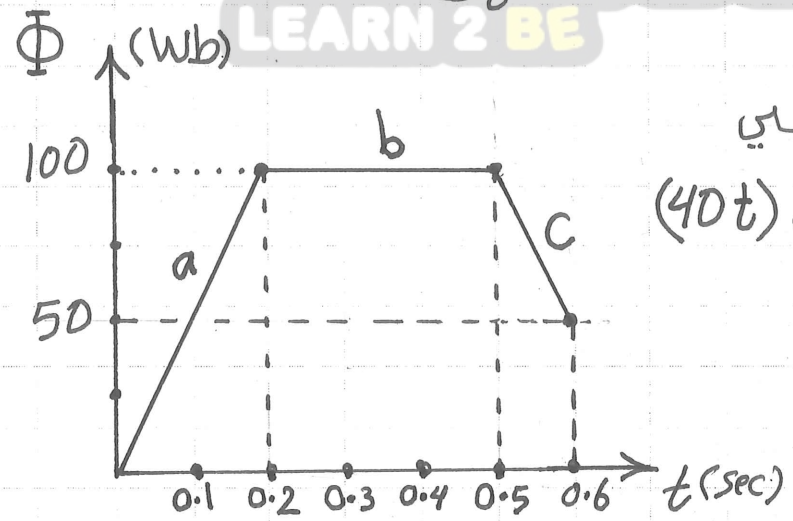
2. $\Delta\phi = BA(\cos 180 - \cos 0)$

$= (0.2)(100\times10^{-4})(-1-1)$

$= -40\times10^{-4}$ Wb.



$\therefore \varepsilon' = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -(500)\left(\frac{-40\times10^{-4}}{0.1}\right) = 20$ Volt.



Q5: الشكل يمثل التدفق المغناطيسي الذي يعبر ملف عدد لفاته (40t) مع الزمن:

1. احسب القوة الدافعة الحثية المتولدة في الفترات (a, b, c).

2. مثل بيانياً العلاقة بين (ε' ، t) القوة الدافعة الحثية و الزمن.

الحل: لاحظ محور (Y) يمثل التدفق (ϕ) ومحور (X) يمثل الزمن (t) لذلك فإن ميل ($\frac{\Delta y}{\Delta x}$) يمثل المعدل الزمني للتغير في التدفق ($\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$)

1. $\varepsilon' = -N\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$

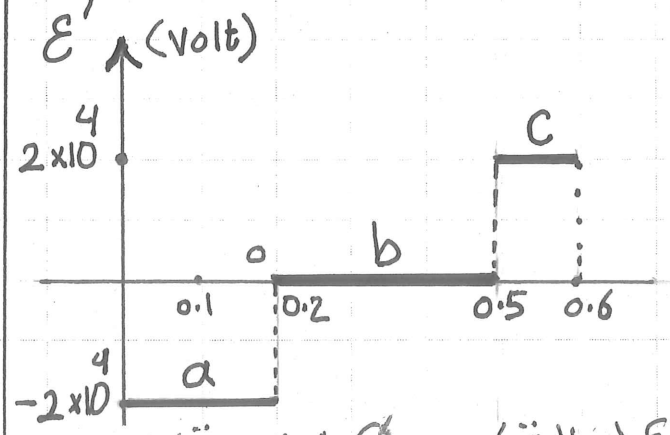
$\varepsilon'_{(a)} = -(40)\frac{100-0}{0.2-0} = 2\times10^{4}$ V

$\varepsilon'_{(b)} = 0 \rightarrow \phi = \text{constant}.$

$\varepsilon'_{(c)} = -(40)\frac{50-100}{0.6-0.5}$

$= 2\times10^{4}$ Volt.

2. عند تمثيل ε' بيانياً نستخدم نفس الفترات الزمنية للتدفق (ϕ)

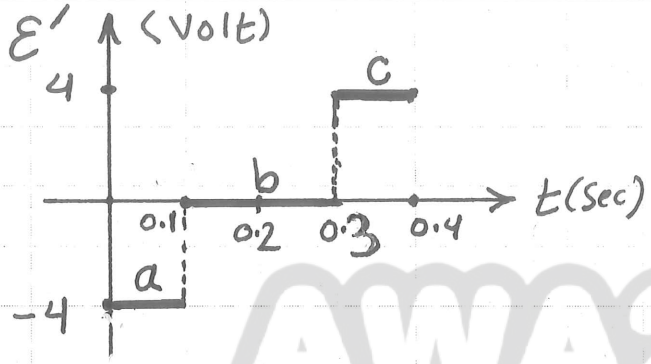


ε'_a (سالبة) ← $\Delta\phi$ (موجبة) تقادم

الزيادة في ϕ

ε'_c (موجبة) ← $\Delta\phi$ (سالبة) تقادم نقص ϕ

Q6: الشكل يمثل العلاقة بين القوة الدافعة الحثية ($\mathcal{E}'$) والزمن خلال الفترات (a, b, c) لملف عدد لفاته (100 t):



1. في أي فترة ينشأ قوة دافعة حثية:

ب. تقاوم زيادة التدفق. أ. تقاوم نقص التدفق.

2. احسب التغيّر في التدفق المغناطيسي خلال الفترات (a, b, c)

3. مثل بيانياً التدفق Φ مع الزمن t.

الحل: 1. أ. نقص $\Phi \Leftarrow \Delta\Phi$ (سالب) $\Leftarrow \mathcal{E}'$ (موجبة) $\leftarrow$ الفترة (c)

ب. زيادة $\Phi \leftarrow \Delta\Phi$ (موجب) $\Leftarrow \mathcal{E}'$ (سالبة) $\leftarrow$ الفترة (a)

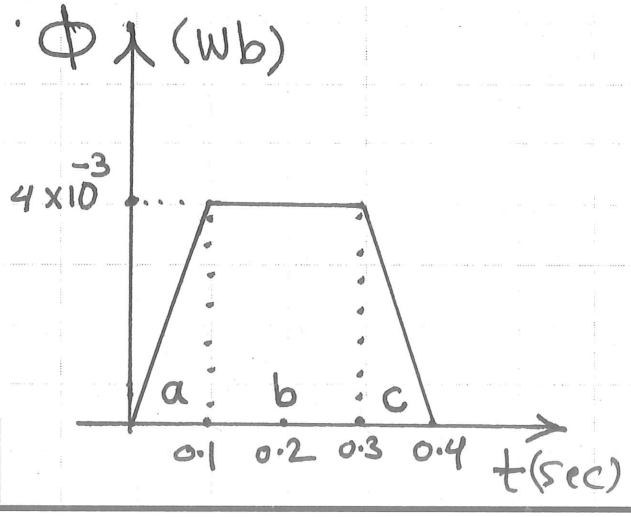
2. (a) $\mathcal{E}'_{(a)} = -N\dfrac{\Delta\Phi_a}{\Delta t} \rightarrow -4 = -10\dfrac{\Delta\Phi_a}{0.1}$

$\therefore \Delta\Phi_a = +4\times10^{-3}$ Wb $\Rightarrow$ (Φ زيادة في)

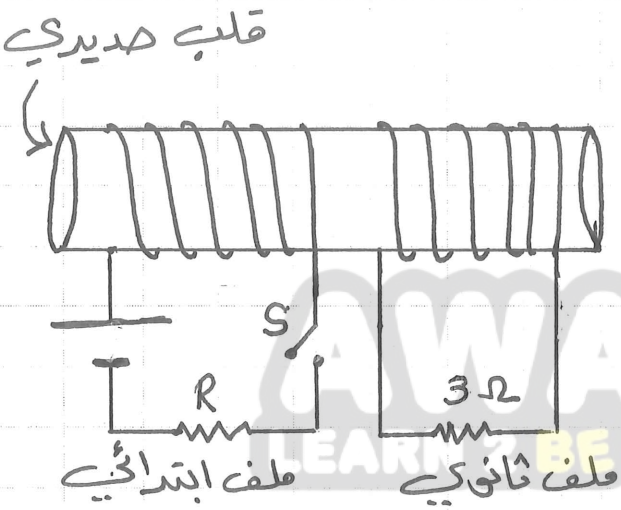
(b) $\Rightarrow 0 = -100\dfrac{\Delta\Phi_b}{0.2} \Rightarrow \Delta\Phi_b = 0 \rightarrow$ (Φ ثابت)

(c) $\Rightarrow 4 = -100\dfrac{\Delta\Phi_c}{0.1} \Rightarrow \Delta\Phi_c = -4\times10^{-3}$ wb $\rightarrow$ (Φ تناقص في)

3. إذا لم يحدد التدفق الابتدائي عند ($t=0$) نعتبر التدفق الابتدائي يساوي صفر



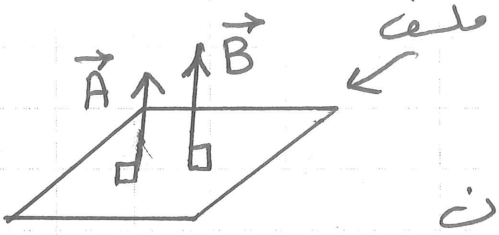
Q6: لُفَّ ملفان عدد لفات كل منهما (200) لفة على قلب حديدي كما هو موضح في الشكل، مساحة المقطع العرضي لكل منهما ($6\,cm^2$) عند إغلاقه دارة الملف الابتدائي تولد بداخله مجال مغناطيسي مقداره (100 mT) خلال (0.1 sec) ينتقل عبر القلب الحديدي الى الملف الثانوي....



أ. إحسب القوة الدافعة الحثية المتولدة في الملف الثانوي عند لحظة غلق المفتاح (S).

ب. إحسب متوسط التيار الحثي المتولد في الملف الثانوي.

أسئلة إضافية للطالب



Q_1: في الشكل ملف عدد لفاته (500) لفة موضوع في مجال مغناطيسي منتظم، فكان التدفق الذي يعبره (0.6) Wb إحسب:

1. متوسط القوة الدافعة الحثية اذا تلاشى المجال خلال (0.2 Sec)
2. متوسط القوة الدافعة الحثية اذا عُكِسَ اتجاه المجال خلال (0.1 sec)
3. المعدل الزمني للتغير في التدفق عندما يكون متوسط القوة الدافعة الحثية في الملف (−1000 V).

الحل:

1. $\Phi_1 = 0.6\ Wb \rightarrow \Phi_2 = 0 \Rightarrow \Delta\Phi = (0-0.6) = -0.6\ Wb.$

$$\therefore \varepsilon' = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -(500)\left(\frac{-0.6}{0.2}\right)$$

$$= 1500\ Volt.$$

2. $\Phi_1 = 0.6\ Wb \rightarrow \Phi_2 = -0.6\ Wb$

$$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1 = -0.6 - 0.6 = -1.2\ Wb.$$

$$\therefore \varepsilon' = -(500)\left(\frac{-1.2}{0.1}\right) = 6000\ Volt.$$

3. $$\varepsilon' = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

$$-1000 = -500\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \Rightarrow \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = 2\ Wb/sec.$$

Q12: ملف عدد لفاته (100) لفة احسب متوسط القوة الدافعة الكهربية المتولدة فيه في الحالات التالية:-

1. اذا تزايد فيه التدفق بمعدل 5 Wb/Sec .
2. اذا تناقص فيه التدفق بمعدل 3 Wb/sec .
3. اذا كان يعبره تدفق 5Wb وعكس خلال 0.2 sec
4. اذا أثر عليه تدفق ثابت 50wb لمدة 10sec .

الحل: $\varepsilon' = -N \frac{\Delta\phi}{\Delta t}$ ... $N = 100$ turns

1. $\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = +5$ wb/sec $\Rightarrow \varepsilon' = -(100)(5) = -500$ Volt.

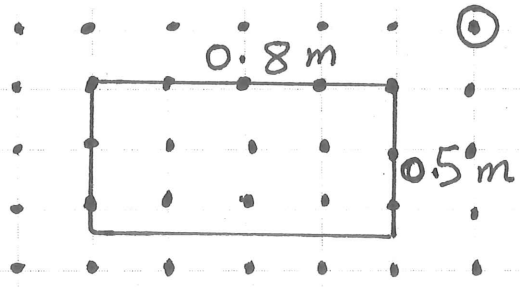
2. $\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -3$ wb/sec $\Rightarrow \varepsilon' = -(100)(-3) = 300$ Volt.

3. $\phi_1 = 5$wb $\rightarrow \phi_2 = -5$wb $\Rightarrow \Delta\phi = -5-5 = -10$ wb.

$\therefore \varepsilon' = -(100)\left(\frac{-10}{0.2}\right) = 5000$ Volt.

4. $\varepsilon' = 0 \Rightarrow \Delta\phi = 0 \Rightarrow$ لانه ϕ ثابت

Q13: في الشكل ملف مستطيل أبعاده موضحة عليه وعدد لفاته (60) لفة مغمور في مجال مغناطيسي منتظم احسب القوة الدافعة الكهربية المتوسطة المتولدة فيه في الحالات التالية:



1. اذا دار الملف $(\frac{1}{4})$ دورة حول أحد أضلاعه خلال (0.1sec).
2. اذا دار الملف $(\frac{1}{2})$ دورة حول أحد أضلاعه خلال (0.1sec).
3. اذا عكس إتجاه المجال خلال (0.1sec).
4. اذا دار الملف $(\frac{1}{6})$ دورة حول أحد اضلاعه وزادت قيمة المجال B الى (5 T) خلال (0.5s).

الحل: المجال (B) عمودي على الملف ($\theta_1 = 0$).

مساحة الملف = $A = (0.8)(0.5) = 0.4\ m^2$.

عدد اللفات ($N = 60$).

1. $(\frac{1}{4}) \times 360^\circ = 90^\circ \Rightarrow \theta_1 = 0 \Rightarrow \theta_2 = 90^\circ$

$\Delta\Phi = BA(\cos 90 - \cos 0) = (2)(0.4)(-1) = -0.8\ Wb$

$\therefore \varepsilon' = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -(60)\left(\frac{-0.8}{0.1}\right) = 480\ Volt.$

2. $\theta_1 = 0 \rightarrow \theta_2 = 180 \Rightarrow \Delta\Phi = (2)(0.4)(\cos 180 - \cos 0)$

$= (0.8)(-1-1) = -1.6\ Wb.$

$\therefore \varepsilon' = -(60)\left(\frac{-1.6}{0.1}\right) = 960\ Volt.$

3. $\theta_1 = 0 \xrightarrow{\text{انعكاس } B} \theta_2 = 180$ ..... ② نفس حل فرعي

4. $(\frac{1}{6})(360) = 60^\circ \Rightarrow \theta_1 = 0 \Rightarrow \theta_2 = 60^\circ$, $B_1 = 2T \Rightarrow B_2 = 5T$

هنا تغيرت الزاوية و المجال ...

$\Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$

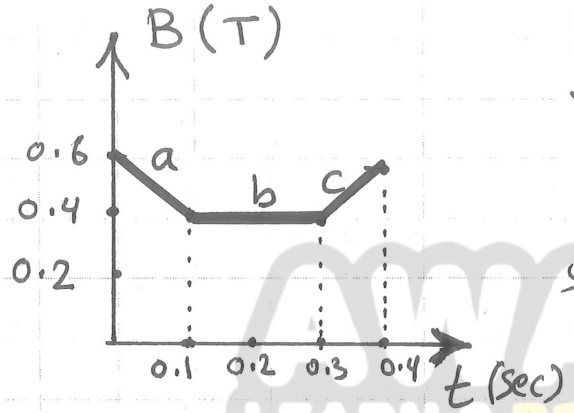
$= B_2 A \cos\theta_2 - B_1 A \cos\theta_1$

$= (5)(0.4)\cos 60 - (2)(0.4)\cos 0$

$= 2 \times \frac{1}{2} - 0.8 \times 1 = 0.2\ Wb.$

$\therefore \varepsilon' = -(60)\left(\frac{0.2}{0.5}\right) = -24\ Volt.$

Q4: أثناء تحريك مغناطيس داخل ملف يتغيّر المجال الذي يخترقه حسب الرسم البياني الموضح اذا لان عدد لفات الملف (2000) لفة ومساحة اللفة الواحدة $80\ cm^2$ واتجاه المجال يوازي متجه المساحة فأجب عن الاسئلة التالية:



1. احسب التغيّر في التدفق خلال الفترات (a, b, c).
2. احسب متوسط (ε') خلال الفترات (a, b, c).
3. مثل بيانياً العلاقة بين (ε') والزمن خلال (a, b, c).

الحل: من معطيات السؤال $N=2000t$ ، $A=80\times10^{-4}m^2$ ، $(\theta=0)$

لاحظ هنا سبب تغير التدفق هو تغيّر (B).

1. $\Delta\phi_a = (0.4-0.6)(80\times10^{-4})\cos0 = -16\times10^{-4}\ Wb.$

$\Delta\phi_b = 0$ ← المجال ثابت فالتدفق ثابت

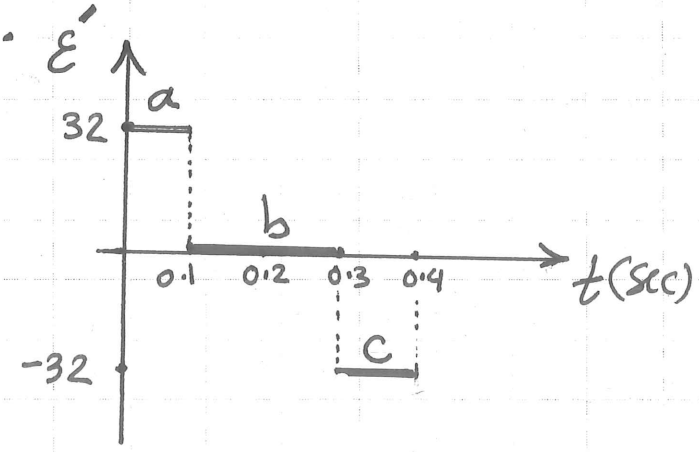
$\Delta\phi_c = (0.6-0.4)(80\times10^{-4})\cos0 = 16\times10^{-4}\ Wb.$

2. $\varepsilon'_a = -N\frac{\Delta\phi a}{\Delta t} = -(2000)\left(\frac{-16\times10^{-4}}{0.1}\right) = 32\ Volt.$

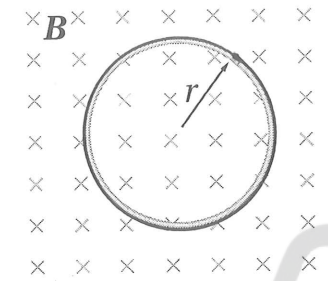
$\varepsilon'_b = 0$

$\varepsilon'_c = -(2000)\left(\frac{16\times10^{-4}}{0.1}\right) = -32\ Volt.$

3.



Q5:



الشكل (11): ملفّ دائريّ موضوع في مجال مغناطيسيّ منتظم.

ملفّ دائري عدد لفّاته (20) لفة، ومتوسط نصف قُطر اللفّة الواحدة (1.0 cm) موضوع في مجال مغناطيسيّ منتظم مقداره (120 mT)، على نحو ما هو موضّح في الشكل (11). سُحِب الملفُّ خارج المجال المغناطيسيّ خلال زمن مقداره (0.20 s)، أحسبُ القوّة الدافعة الكهربائيّة الحثّيّة المتوسطة المتولّدة في الملفّ.

الحل:

* لاحظ من البداية B عمودي على الملف ⇐ $(\theta_1 = 0)$

سبب تغيّر التدفق هنا هو تغيّر قيمة المجال (B) حيث $B_1 = 120\times10^{-3}\ T$ ثم انتقل الملف الى مكان لا يؤثر فيه مجال $(B_2 = 0)$ ..

$\Delta\Phi = (\Delta B) A \cos\theta$

$\Delta\Phi = (0 - 120\times10^{-3})(\pi\times10^{-4})\cos0$

$= -12\pi\times10^{-6}\ Wb.$

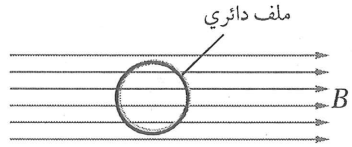
$\mathcal{E}' = -N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -(20)\left(\frac{-12\pi\times10^{-6}}{0.2}\right) = 12\pi\times10^{-4}\ V$

* حساب مساحة الملف:

$A = \pi r^2 = \pi(1\times10^{-2})^2$

$= \pi\times10^{-4}\ m^2.$

Q6:



الشكل (12): ملفّ دائريّ في مجالٍ مغناطيسيّ منتظم.

ملفّ دائريّ عدد لفّاته (100) لفة، ومِساحة مقطعه العرضي $(1.2\times10^{-4}\ m^2)$، موضوع في مجال مغناطيسيّ منتظم مقداره (1.0 T)، على نحو ما هو موضّح في الشكل (12). بداية، مستوى الملف موازٍ لخطوط المجال المغناطيسي، ثمّ دار الملف بزاوية مقدارها (90°) حول محور رأسيّ بحيث أصبح مستواه عموديًّا على اتّجاه المجال المغناطيسيّ خلال (0.50 s). أحسب ما يأتي:

أ. التغيّر في التدفّق المغناطيسيّ عبر مقطع الملف.

ب. القوّة الدافعة الكهربائيّة الحثّيّة المتوسطة المتولدة في الملف.

جـ. التيّار الكهربائيّ الحثّي المتوسط المارّ في الملف، إذا علمت أنّ المقاومة الكهربائيّة للملف ($4.0\ \Omega$).

الحل: سبب تغير التدفق هو تغيّر الزاوية حيث $(\theta_1 = 90°) \Leftarrow (\theta_2 = 0)$

أ. * $\Delta\Phi = BA(\cos0 - \cos90)$

$= (1)(1.2\times10^{-4})(1-0) = 1.2\times10^{-4}\ Wb.$

ب. * $\mathcal{E}' = -N\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right) = -(100)\left(\frac{1.2\times10^{-4}}{0.5}\right)$

$= -24\times10^{-3}\ V$

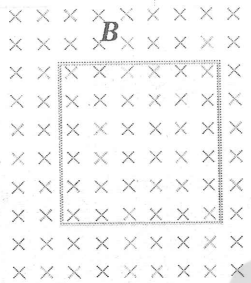
جـ. * $I = \frac{|\mathcal{E}'|}{R_{eq}} = \frac{|-24\times10^{-3}|}{4} = 6\times10^{-3}\ A$

Q7:

حلقة مربّعة الشكل مقاومتها (10 Ω)، موضوعة في مجال مغناطيسيّ منتظم، حيث مستواها عموديٌّ على اتّجاه المجال المغناطيسيّ على نحو ما هو موضّح في الشكل . إذا تغيّر التدفّق المغناطيسي الذي يخترق الحلقة من قيمة ابتدائية (0.15 Wb) إلى (0.01 Wb) خلال (0.01 s)، أحسب ما يأتي:

أ . القوة الدافعة الكهربائية الحثّيّة المتوسطة المتولّدة في الحلقة.

ب. التيار الكهربائي الحثّي المتوسط المارّ في الحلقة.



الشكل : حلقة موصلة مربّعة الشكل في مجال مغناطيسيّ منتظم.

AWAEL LEARN 2 BE

الحل: أ.

$\Phi_1 = 0.15\ Wb \rightarrow \Phi_2 = 0.01\ Wb \Rightarrow \Delta\Phi = \Phi_2 - \Phi_1$

$= 0.01 - 0.15 = -0.14\ Wb$

$\therefore \varepsilon' = -N\left(\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}\right) = -(1)\frac{-0.14}{0.01} = 14\ Volt$

ب.

$I = \frac{|\varepsilon'|}{R} = \frac{14}{10} = 1.4\ A$

Q8:

يوضّح الشكل (أ) ملفًّا دائريًّا مغمورًا في مجال مغناطيسيّ منتظم عموديّ على سطح الملف. هل يتولّد تيار كهربائيّ حثّي:

أ. عند تحريك الملف نحو اليسار أو نحو اليمين مع بقائه داخل المجال على نحو ما في الشكل (أ)؟

ب. في أثناء تغيير شكل الملف على نحو ما في الشكل (ب)؟

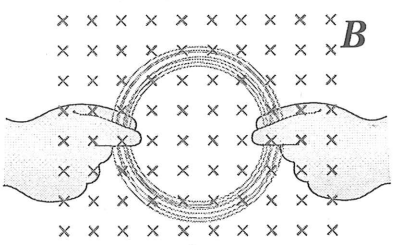
المُعطيات: الشكلان (أ) و(ب).

المطلوب: تفسير متى يتولّد تيار كهربائيّ حثّي.

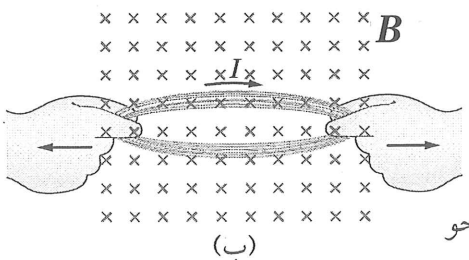
الحلّ:

أ . لا يتولّد تيار كهربائيّ حثّي عند تحريك الملف داخل المجال نحو اليسار أو اليمين بسبب ثبات التدفق المغناطيسي.

ب. عند شدّ الملف يتغير شكله بحيث تقل مساحة سطحة، فيقلّ التدفّق المغناطيسي الذي يخترقه، ما يؤدي إلى تولّد قوة دافعة كهربائية حثّية، وتيار كهربائي حثّي.



(أ)

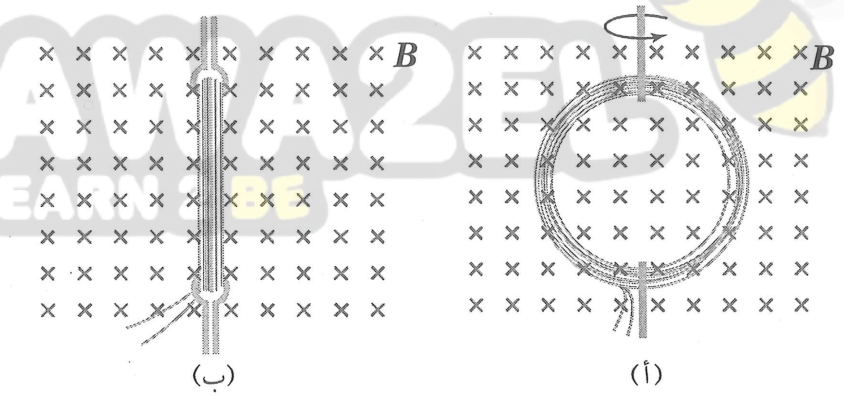


(ب)

الشكل
(أ) ثبات التدفّق المغناطيسيّ الذي يخترق الملف .
(ب) إنقاص مساحة الملف.

Q9:

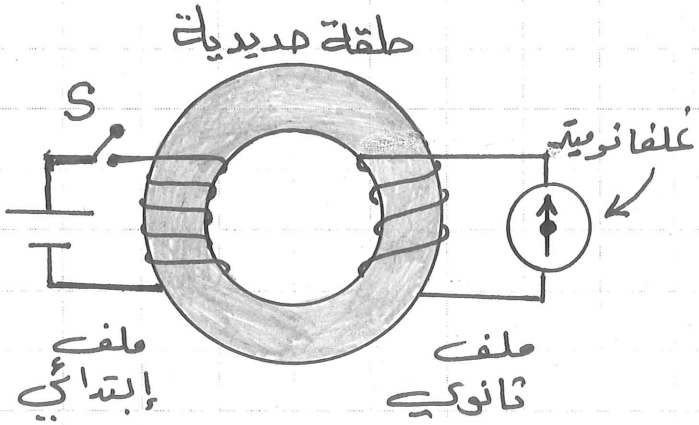
يوضّح الشكل (أ) ملفًّا دائريًّا مغمورًا في مجال مغناطيسيّ منتظم عموديّ على سطح الملف. أُفسّر ما يحدث في أثناء تدوير الملف في المجال المغناطيسيّ من الوضع المبيّن في الشكل (أ) الى الوضع المبيّن في الشكل (ب).



الشكل): تدوير ملفّ في مجال مغناطيسي منتظم من الوضع (أ) إلى الوضع (ب).

الجواب: في الشكل (أ) يكون التدفق عبر الملف اكبر ما يمكن لأن المجال المغناطيسي عمودي على سطح الملف ($\theta = 0$) ....
وأثناء دوران الملف يتناقص التدفق المغناطيسي حتى يصبح مساوياً للصفر في الشكل (ب) حيث يكون متجه المساحة متعامداً مع المجال .. ($\theta = 90°$) ...
وبسبب تناقص (تغيّر) التدفق في الملف يتولد فيه قوة دافعة حثية وتيار حثي.

Q10:

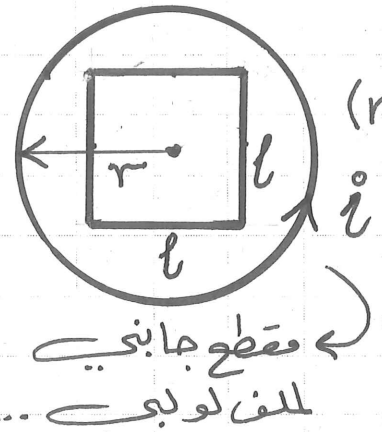


بالاعتماد على الشكل المجاور عند غلق المفتاح (S) ينحرف مؤشر الغلفانومتر باتجاه معين ثم يعود الى الصفر ، ويتكرر ذلك لحظة فتح المفتاح لكن انحراف المؤشر يكون في الاتجاه المعاكس .... فسر ذلك ؟

الجواب: عند غلق المفتاح يسري تيار في الملف الابتدائي فيولد مجال مغناطيسي حيث تنتشر خطوط هذا المجال عبر جميع أجزاء الحلقة الحديدية لذلك سيخترق الملف الثانوي خطوط مجال مغناطيسي لذلك سيزداد التدفق عبره من صفر الى قيمة معينة خلال فترة زمنية معينة

لذلك يتولد قوة دافعة حثية تولد تيار حثي في إتجاه ما (↗)، وبعد فترة زمنية يثبت التدفق داخل الملف الثانوي لذلك تنعدم القوة الدافعة الحثية والتيار الحثي لذلك يعود مؤشر الغلفانومتر للصفر.
وعند فتح المفتاح (S) يتلاشى تيار الملف الابتدائي لذلك يتناقص المجال المغناطيسي الناتج عنه فيتناقص التدفق عبر الملف الثانوي لذلك تتولد قوة دافعة حثية تولد تيار حثي لكن في الاتجاه المعاكس للتيار الناتج عنه زيادة التدفق (↖)

Q11 : في الشكل حلقة مربعة طول ضلعها ($l=2cm$) موضوعة داخل ملف لولبي نصف قطره ($r=5cm$) وطوله ($20\,cm$)، وعدد لفاته (1000) لفة يسري فيه تيار كهربائي ($2A$) والشكل المجاور يمثل منظر جانبي للحلقة والملف، إحسب ما يأتي:



أ. التدفق المغناطيسي عبر الحلقة.
ب. القوة الدافعة الحثية المتوسطة المتولدة في الحلقة اذا تلاشى تيار الملف خلال ($2.0\,Sec$).
ج. متوسط التيار المتولد في الحلقة لو كانت مقاومتها (2Ω).

الحل: أ. يجب حساب المجال الناتج عن الملف اللولبي ... أولاً

$$B=\frac{\mu_0 I N}{L}=\frac{4\pi\times10^{-7}\times2\times1000}{20\times10^{-2}}=4\pi\times10^{-3}\,T \quad +Z$$

$$\phi_{\text{حلقة}}=BA\cos\theta=(4\pi\times10^{-3})(2\times10^{-2})^2\cos0=16\pi\times10^{-7}\,Wb$$

ب. عندما يتلاشى تيار اللولبي يتلاشى المجال وكذلك التدفق عبر الحلقة.

$$\Delta\phi=\phi_2-\phi_1=0-16\pi\times10^{-7}=-16\pi\times10^{-7}\,Wb$$

$$\varepsilon'_{\text{حلقة}}=-(N_{\text{حلقة}})\left(\frac{\Delta\phi}{\Delta t}\right)_{\text{حلقة}}=-(1)\left(\frac{-16\pi\times10^{-7}}{2}\right)=8\pi\times10^{-7}\,volt$$

ج. $I_{\text{حلقة}}=\frac{|\varepsilon'|}{R}=\frac{8\pi\times10^{-7}}{2}=4\pi\times10^{-7}\,A$.

قانون لنز :

مقدمة ... كيف نقاوم أي تغيّر في التدفق ؟

نقاوم نقص التدفق بتوليد مجال B' مشابه للمؤثر.

نقاوم زيادة التدفق بتوليد مجال B' معاكس للمؤثر.

قانون لنز

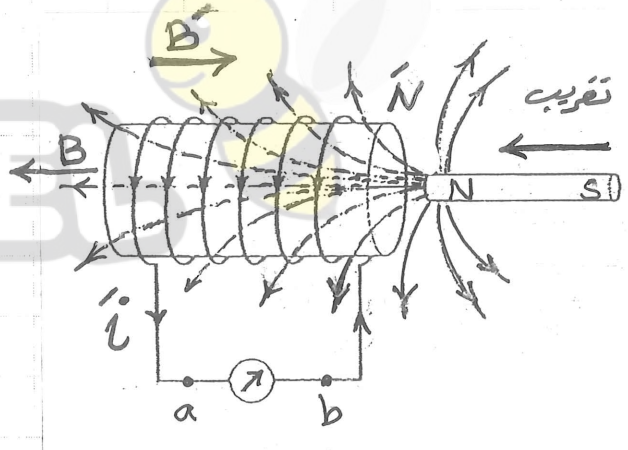
القوة الدافعة الحثية المتولدة تكون في الاتجاه الذي يقاوم التغير في التدفق المسبب لها.

تمهيد : عند تقريب قطب مغناطيسي من ملف لولبي على سبيل المثال فإن التدفق داخل الملف يزداد لذلك يتولد قوة دافعة حثية وإذا كانت دارة الملف مغلقة سيتولد تيار حثي وهذا التيار سيولد مجال مغناطيسي يقاوم الزيادة فيكون بعكس اتجاه المجال المؤثر ($\vec{B}$ عكس $\vec{B}$).

وعند إبعاد قطب مغناطيسي عن الملف اللولبي فإن التدفق داخل الملف يتناقص لذلك يتولد قوة دافعة حثية ستولد تيار حثي يولد مجال مغناطيسي ($\vec{B}'$) يقاوم النقص في التدفق فيكون مع اتجاه المجال المغناطيسي المؤثر ($\vec{B}$).

ملاحظة : بعد تحديد اتجاه المجال المغناطيسي الحثي ($\vec{B}'$) يمكن أن نحدد اتجاه التيار الحثي (I') باستخدام قبضة اليد اليمنى على الملف حيث يُشير الابهام الى اتجاه ($\vec{B}'$) أو اتجاه القطب الشمالي الحثي ($\vec{N}$) ويدل دوران الاصابع على إتجاه (I') ...

تقريب قطب شمالي من ملف

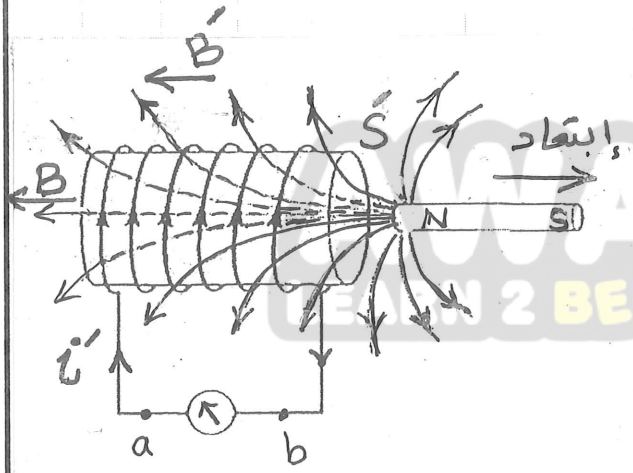


عند تقريب القطب الشمالي من الملف يزداد التدفق المغناطيسي بداخل الملف فيتولد (ع) تولد (i') يولد مجال مغناطيسي حثي (B') يقاوم زيادة (Φ) فيكون بعكس المجال المؤثر (B) وحسب قبضة اليد اليمنى يكون التيار الحثي (i') من (a الى b) عبر الغلفانومتر أو من (b الى a) عبر الملف.

* لاحظ أن التيار الحثي جعل طرف الملف المقابل للمغناطيس قطب شمالي (N') فتولد بينهما قوة تنافر تقاوم اقتراب المغناطيس حتى لا يزداد التدفق عبر الملف.

* نتيجة: تقريب قطب مغناطيسي من طرف ملف يولد قطب مغناطيسي مشابه له عند هذا الطرف ليقاوم الاقتراب بفعل التنافر.

إبعاد قطب شمالي عن ملف

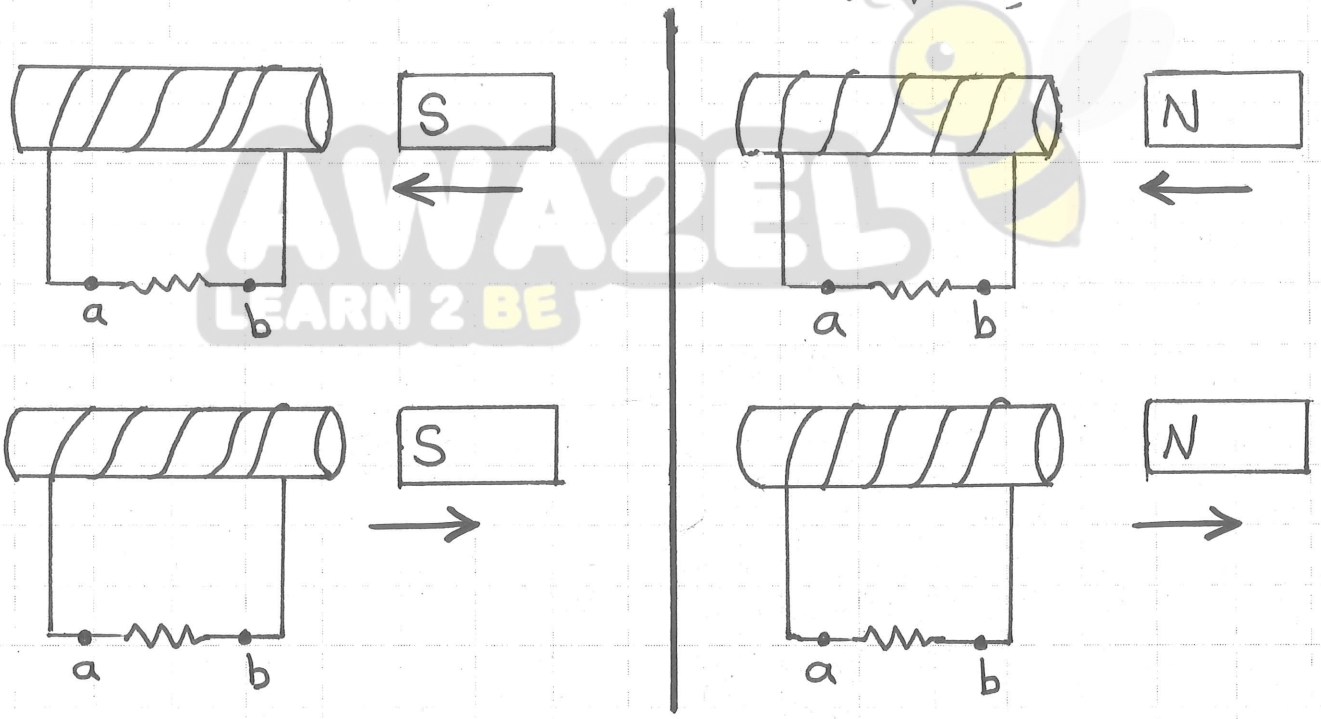


عند إبعاد القطب الشمالي عن الملف يقل التدفق المغناطيسي بداخل الملف فيتولد (ع) تولد (i') يولد مجال مغناطيسي حثي (B') يقاوم النقص في (Φ) فيكون مع اتجاه المجال المؤثر (B) وحسب قبضة اليد اليمنى يكون التيار (i') من (b الى a) عبر الغلفانومتر أو من (a الى b) عبر الملف.

* لاحظ أن التيار الحثي جعل طرف الملف المقابل للمغناطيس قطب جنوبي (S') فتولد بينهما قوة تجاذب تقاوم إبتعاد المغناطيس حتى لا يتناقص التدفق بداخل الملف.

* نتيجة: إبعاد قطب مغناطيسي من طرف ملف يولد قطب مغناطيسي مخالف له عند هذا الطرف ليقاوم الابتعاد بفعل التجاذب.

تدريب : حدد نوع قطب الملف المقابل للمغناطيس واتجاه التيار الحثي عبر المقاومة.



AWAZEL LEARN 2 BE

* خطوات تطبيق قانون لنز :

① حدد إتجاه المجال المغناطيسي الخارجي المؤثر على الملف أو الحلقة المعدنية
② حدد هل يزداد أو يقل التدفق عبر الملف.
③ حدد اتجاه ($\vec{B}'$) المجال الحثي مع أو عكس المجال المؤثر ($\vec{B}$).
④ حدد اتجاه التيار الحثي باستخدام قبضة اليد اليمنى.

ملخص العبارات المستخدمة في مسائل قانون لنز :

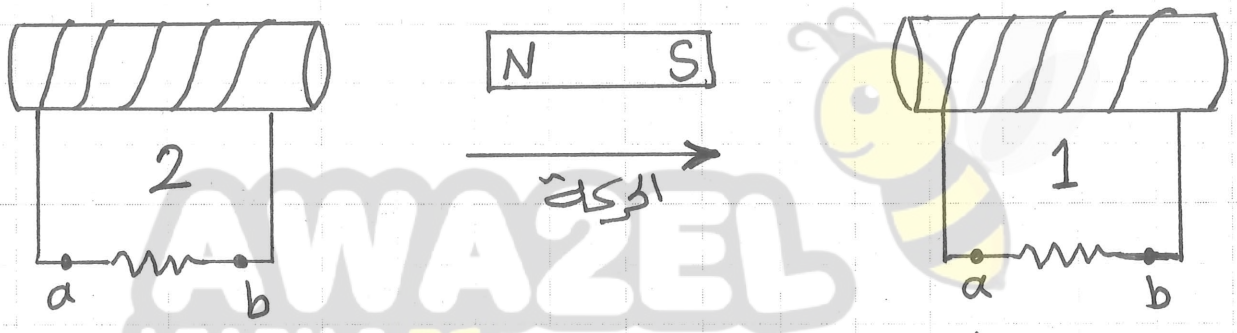
لتغير التدفق (يزداد أو يقل) ← ليتولد ← قوة دافعة حثية ← تولد ← تيار حثي ← يولد ← $\vec{B}'$ مجال حثي

$\vec{B}'$ مجال حثي ← يكون عكس $\vec{B}$ المؤثر لو كان التدفق متزايد
$\vec{B}'$ مجال حثي ← يكون مع $\vec{B}$ المؤثر لو كان التدفق متناقص

• يمكنه حل مسائل لنز بلغة المجالات أو الأقطاب.

ملاحظات هامة : إقتراب المغناطيس من ملف يعني زيادة في التدفق وإبتعاد المغناطيس عن الملف يعني نقص في التدفق بغض النظر عن نوع القطب ... أي أن الذي يحدد زيادة أو نقص التدفق ليس نوع القطب بل حركة المغناطيس بالنسبة للملف اقتراب أم ابتعاد !!

Q1 :



AWAZEL LEARN 2 BE

بالاعتماد على الشكل اعلاه :

أ. أثناء تحريك المغناطيس حدد اتجاه التيار داخل مقاومة كل ملف .

ب. بين نوع القطب المغناطيسي المتكون عند الطرف المقابل للمغناطيس لكل ملف .

الحل : ... الملف الاول (1) :

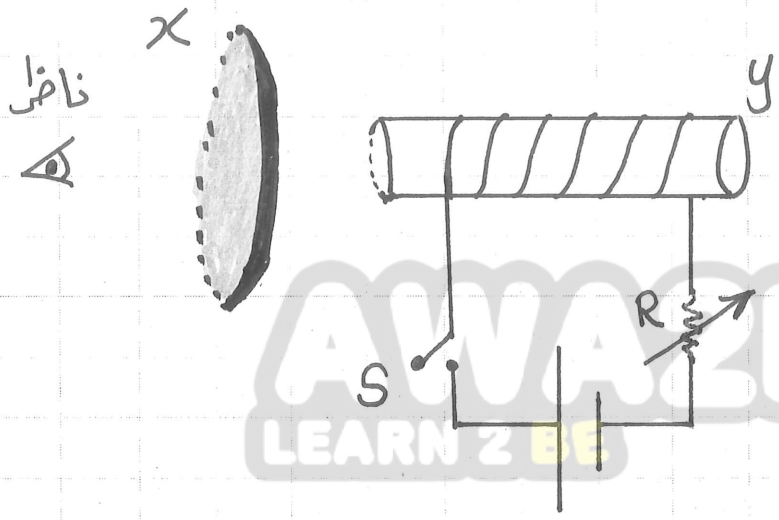
أ. المجال المغناطيسي المؤثر باتجاه ( ) وهنا التدفق ( ) لذلك يتولد قوة دافعة حثية تولد تيار حثي يولد مجال مغناطيسي حثي باتجاه ( ) ليقاوم ( ) التدفق ، وحسب قبضة اليد اليمنى يكون التيار الحثي باتجاه ( ) عبر المقاومة

ب. الطرف المقابل للمغناطيس يكون قطب ( ) .

... الملف الثاني (2) :

أ. المجال المغناطيسي المؤثر باتجاه ( ) وهنا التدفق ( ) لذلك يتولد قوة دافعة حثية تولد تيار حثي يولد مجال مغناطيسي حثي باتجاه ( ) ليقاوم ( ) التدفق ، وحسب قبضة اليد اليمنى يكون التيار الحثي باتجاه ( ) عبر المقاومة .

ب. الطرف المقابل للمغناطيس يكون قطب ( ) .



Q2: في الشكل ملف لولبي (y) متصل مع بطارية ومقاومة متغيرة (ستيب) ، والى يساره ملف دائري (x) ... حدد اتجاه التيار الحثي المتولد في الملف (x) بالنسبة للناظر في الحالات التالية :-

أ. لحظة غلقه المفتاح .
ب. بعد زمن طويل من غلقه المفتاح .
ج. لحظة فتح المفتاح .
د. أثناء انقاص (R) والمفتاح مغلقه .
هـ. أثناء زيادة (R) والمفتاح مغلقه .
و. أثناء ادخال قطعة حديد في الملف (y) والمفتاح مغلقه .
ز. أثناء إقتراب الملف (x) من (y) .
ح. أثناء ابتعاد الملف (x) عن (y) .

الحل: أ. عند غلقه (S) يؤثر مجال مغناطيسي باتجاه ( ) على الملف (x) وهنا التدفقه ( ) لذلك يتولد ' ع ' ، تولد ' ة ' يولد ' B ' باتجاه ( ) ليقاوم ( ) التدفقه وحسب قبضة اليد اليمنى يكون التيار باتجاه ( ) بالنسبة للناظر .

ب. بعد زمن طويل من غلقه المفتاح يثبت التدفقه فلا يتولد ' ع ' أو ' ة ' .

ج. عند فتح (S) المجال B المؤثر على الملف (x) باتجاه ( ) وهنا التدفقه ( ) لذلك يتولد ' ع ' تولد ' ة ' تولد ' B ' باتجاه ( ) ليقاوم ( ) التدفقه ، وحسب قبضة اليد اليمنى يكون التيار باتجاه ( ) بالنسبة للناظر .

S. إنقاص (R) يزيد تيار الملف (Y) فتزداد قيمة المجال B المؤثر على الملف (X) ..... مثل الحالة (P).

ص. زيادة (R) تقلل تيار الملف (Y) فتقل قيمة المجال B المؤثر على الملف (X) فيقل التدفق .... مثل الحالة (Q)

و. ادخال قطعة حديد تزيد قيمة المجال المؤثر (B) فيزداد التدفق عبر الملف (X) .... مثل حالة (P)

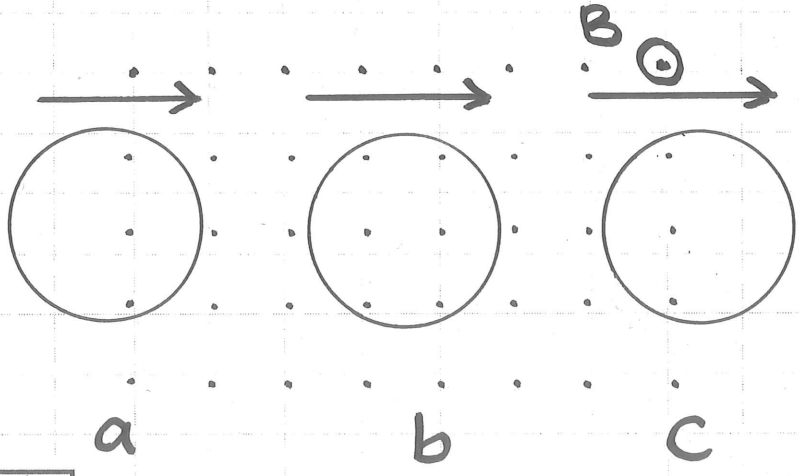
ز. اقتراب (X) من (Y) يزيد التدفق على X ... مثل حالة (P)

ح. ابتعاد (X) عن (Y) ينقص التدفق على X ... مثل حالة (Q)

Q3: في الشكل تولد تيار حثي في الحلقة الدائرية عكس عقارب الساعة بالنسبة للناظر هل اقتربت الحلقة من المغناطيس أم إبتعدت عنه مع التفسير .... ؟

الحل: المجال المغناطيسي (B) المؤثر على الملف باتجاه ( ) والمجال المغناطيسي الحثي (B') باتجاه ( ) أي المجالين ( ) وهذا تماثل لنز فإن التدفق ( ) لذلك فإن الحلقة ( ).

Q4: في الشكل حلقة دخلت بسرعة معينة باتجاه (+X) الى منطقة مجال مغناطيسي منتظم حدد اتجاه التيار الحثي خلال المراحل (a,b,c).

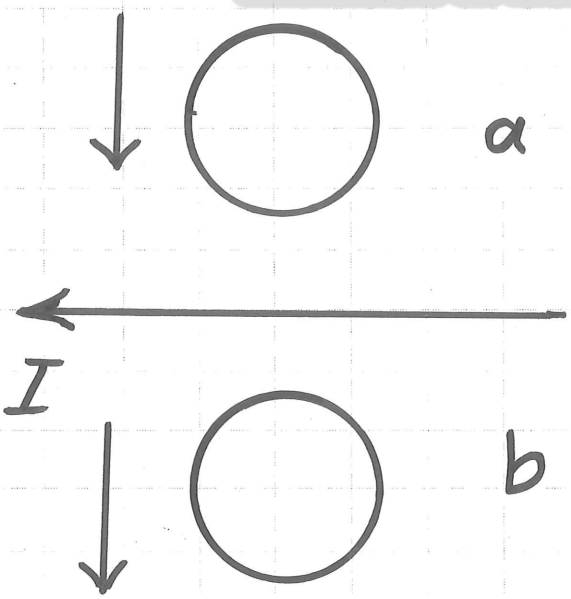


الحل: B المؤثر باتجاه $(+Z)$ أو $(\odot)$

- المرحلة (a) ϕ يزداد $\Leftarrow$ B باتجاه $(\otimes)$ أو $(-Z)$ لذلك فإن التيار الحثي مع عقارب الساعة.
- المرحلة (b) ϕ ثابت $\Leftarrow$ لا يتولد تيار حثي.
- المرحلة (c) ϕ يتناقص $\Leftarrow$ B باتجاه $(+Z)$ أو $(\odot)$ لذلك فإن التيار الحثي عكس عقارب الساعة.

AWA2ED LEARN 2 BE

Q5: في الشكل حلقة دائرية فوق سلك مستقيم يسري فيه تيار كهربائي سقط من الموضع (a) إلى الموضع (b) ...



أجب عن فقرة ① وفقرة ②:

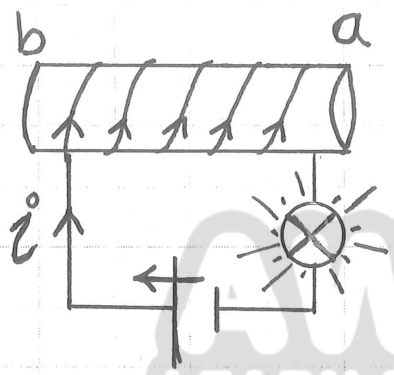
فقرة ① يكون التيار الحثي المتولد في الحلقة عند الموضع (a):

(أ) عكس عقارب الساعة ليقاوم نقص التدفق المغناطيسي.
(ب) عكس عقارب الساعة ليقاوم زيادة التدفق المغناطيسي.
(ج) مع عقارب الساعة ليقاوم نقص التدفق المغناطيسي.
(د) مع عقارب الساعة ليقاوم زيادة التدفق المغناطيسي.

فقرة ② يكون التيار الحثي المتولد في الحلقة عند الموضع (b):

(أ) عكس عقارب الساعة ليقاوم نقص التدفق المغناطيسي.
(ب) عكس عقارب الساعة ليقاوم زيادة التدفق المغناطيسي.
(ج) مع عقارب الساعة ليقاوم نقص التدفق المغناطيسي.
(د) مع عقارب الساعة ليقاوم زيادة التدفق المغناطيسي.

Q6: في الشكل دارة مغلقة تحوي ملف ومفتاح وبطارية ومصباح بين ماذا يحدث لإضاءة المصباح:



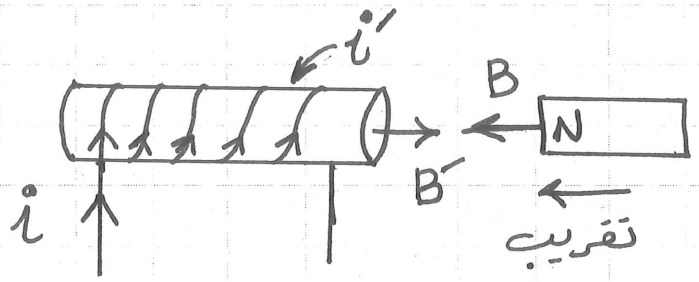
p. اذا قربنا شمالي لمفتاحيس من (a).

ب. اذا قربنا قطب جنوبي لمفتاحيس منه (b).

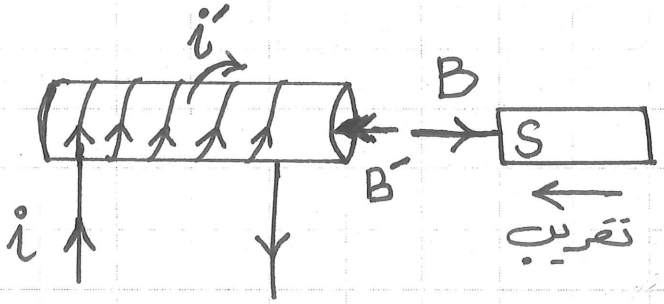
الحل:

نحاول تحديد اتجاه التيار الحثي (i') اذا كان مع اتجاه تيار المصباح (i) تزداد الإضاءة واذا كان عكس تيار المصباح (i) تقل الإضاءة.

p. المجال المؤثر (B) باتجاه (-x) وهنا التدفق يزداد لذلك يتولد B' يولد i' باتجاه (+x) ليقاوم زيادة ϕ وحسب قبضة اليد اليمنى يكون التيار الحثي (i') عكس تيار المصباح (i) فتقل الإضاءة.



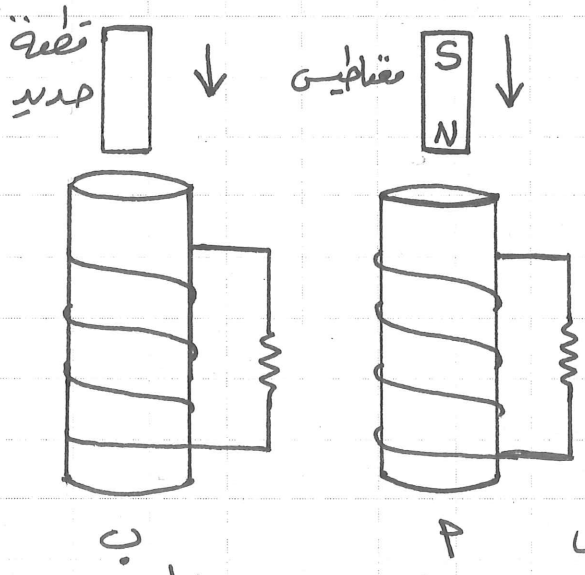
ب. المجال المؤثر (B) باتجاه (+x) وهنا التدفق يزداد لذلك يتولد B' يولد i' باتجاه (-x) ليقاوم زيادة ϕ وحسب قبضة اليد اليمنى يكون التيار الحثي مع تيار المصباح (i) فتزداد الاضاءة.



أسئلة للطالب

س: في الشكل مصباح يتصل مع بطارية بواسطة أسلاك مرنة مغمور في مجال مغناطيسي منتظم (+Z) حتى تزداد إضاءة المصباح هل نزيد أم نقلل مساحة الحلقة مع التفسير ... ؟

ج: تيار المصباح باتجاه عكس عقارب الساعة وحتى تزداد الإضاءة يجب أن يتولد تيار حثي بنفس الاتجاه أي عكس عقارب الساعة، لذلك يكون المجال الحثي (B') نحو (+Z) لذلك حسب قانون لنز فإن التدفق متناقص وحتى يتناقص التدفق يجب أن نقلل مساحة الحلقة.



س: ملفان لولبيان متصلان مع مقاومتين اسقط راسياً وفي نفس اللحظة ومن نفس الارتفاع مغناطيس في الملف (أ) وقطعة حديد في الملف (ب) لهما نفس شكل وابعاد المغناطيس، فخرجت قطعة الحديد قبل المغناطيس. فسر ذلك ؟

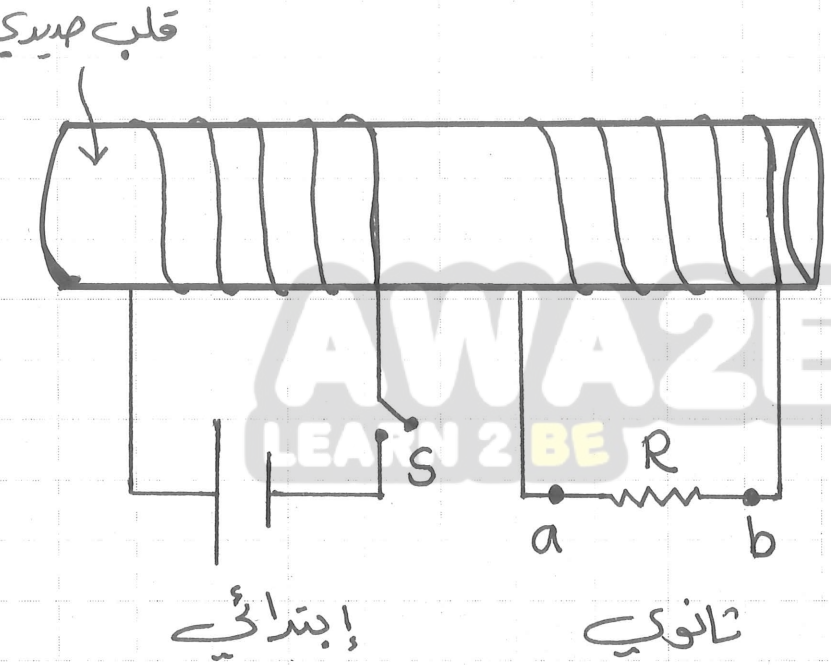
ج: عند سقوط المغناطيس داخل الملف يزداد التدفق فيتولد 'ع تولد 'ح يولد B' بحيث الطرف المقابل للمغناطيس شمالي (N') حتى تتولد قوة تنافر بينه الملف والمغناطيس تعيق حركة المغناطيس تعمل على إبطاء سرعته، بينما قطعة الحديد لا تلاقي أي إعاقة لأن ليس لها أقطاب مغناطيسية لذلك تحتاج زمن أقل للمرور داخل الملف (ب) فتخرج قبل المغناطيس.

س: ملفان ابتدائي وثانوي ملفوفان على قلب من الحديد حدد اتجاه التيار الحثي في المقاومة (R) في الحالات التالية:

أ. لحظة غلق (S).

ب. بعد زمن طويل من غلق (S).

ج. لحظة فتح (S).



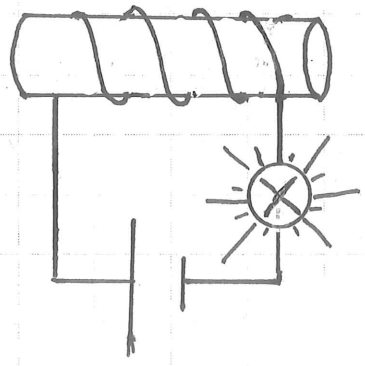
الحل:

أ. عند غلق (S) يتولد مجال مغناطيسي باتجاه (+x) داخل الملف الابتدائي يعمل القلب الحديدي على نقل هذا المجال الى الملف الثانوي وهنا يزداد التدفق المغناطيسي بداخل الثانوي فيتولد قوة دافعة حثية تولد تيار حثي يولد مجال مغناطيسي حثي باتجاه (-x) ليقاوم التدفق وحسب قبضة اليد اليمنى يكون التيار من a الى b عبر المقاومة (R).

ب. بعد زمن طويل من غلق المفتاح يثبت التدفق فتنعدم القوة الدافعة الحثية والتيار الحثي.

ج. المجال المغناطيسي المؤثر على الملف الثانوي باتجاه (+x) وعند فتح المفتاح يقل التدفق فيتولد ع ت ح يولد B يكون باتجاه (+x) ليقاوم نقص التدفق وحسب قبضة اليد اليمنى يكون التيار الحثي من b الى a عبر المقاومة.

س: في الشكل أثناء إبتعاد المغناطيس عنه الملف زادت إضاءة المصباح فما هو نوع القطب (a)؟



الجواب: قطب جنوبي (S)

ظاهرة الحث الذاتي

مقدمة: كل ما درسناه سابقاً كان يتحدث عن توليد قوة دافعة حثية بسبب تغيّر التدفق المغناطيسي الناتج عن مصدر خارجي مثل ملف نقربه منه أو نبتعد عنه مغناطيس مستقيم.

والسؤال الآن: هل يمكن أن تتولد قوة دافعة حثية في ملف بسبب تغيّر التدفق المغناطيسي الذاتي له دون الحاجة لمصدر خارجي يُغيّر التدفق.؟

الجواب: نعم، يمكن ذلك وتسمى هذه الظاهرة بـ ظاهرة الحث الذاتي، والقوة الدافعة المتولدة بسببها تسمى قوة دافعة حثية ذاتية ويرمز لها (ε_L).

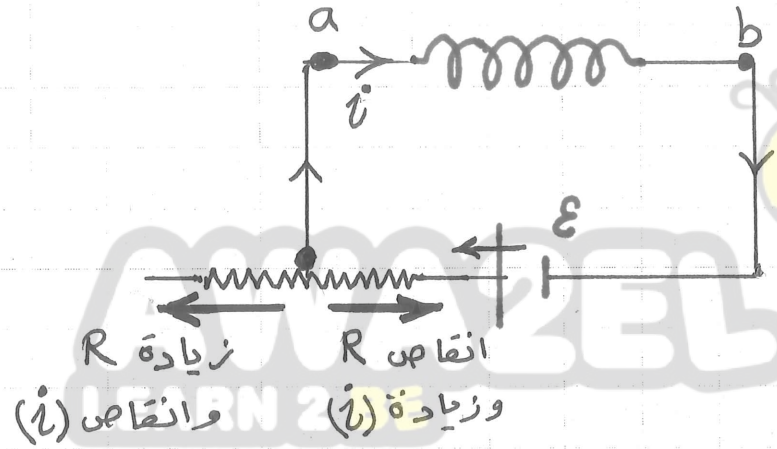
- في ظاهرة الحث الذاتي تتولد قوة دافعة حثية ذاتية (ε_L) تحاول ممانعة أي تغيّر يطرأ على التيار الذي يمر فيه ونسمي الملف في هذه الحالة محثاً ويرمز له بالرمز (⊸)

- ولتوضيح ظاهرة الحث الذاتي دعنا ندرس دارة تتكون من بطارية وملف ومقاومة متغيرة وظيفتها تغيير التيار (I) سواء زيادة أو إنقاص....

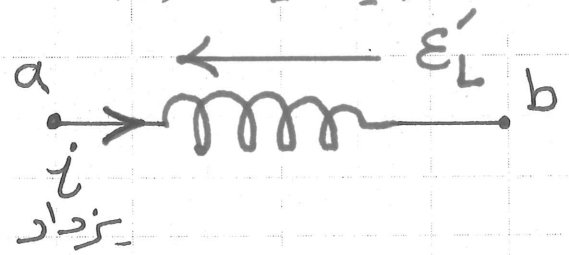
مرور التيار في الملف يولد مجال مغناطيسي بداخل الملف أي أنه يخترقه مقطع الملف تدفق مغناطيسي معين وعند تغيير التيار بفعل تغيير المقاومة (R) يتغير المجال المغناطيسي لذلك يتغير التدفق المغناطيسي بداخل الملف وحسب قانون فراداي يتولد في الملف قوة دافعة حثية تسمى ذاتية وحسب قانون لنز فإن هذه القوة الدافعة تقاوم السبب لها وهنا السبب هو تغيّر التيار، بحيث

أ. لو تزايد التيار تكون القوة الحثية (ε_L) معاكسة لاتجاهه لتقاوم زيادته

ب. وإذا تناقص التيار تكون القوة الدافعة الحثية (ε_L) بنفس اتجاهه لتقاوم تناقصه.

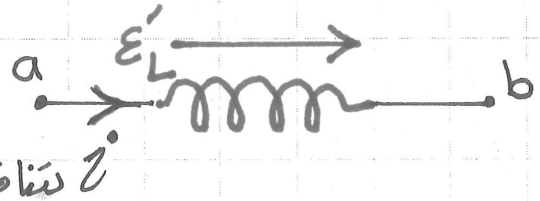


حالة تزايد التيار (i)



- ε'_L ناتجة عن زيادة التيار (i) فتكون باتجاه معاكس له لتقاوم زيادته.
- هنا ε'_L تعاكس ε للبطارية وتسمى قوة دافعة حثية عكسية

حالة تناقص التيار (i)



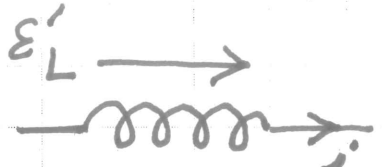
- ε'_L ناتجة عن تناقص التيار (i) فتكون باتجاهه لتقاوم تناقصه.
- هنا ε'_L مع اتجاه ε للبطارية وتسمى قوة دافعة حثية طردية

- نتيجة: القوة الدافعة الحثية الذاتية تحاول أن تقاوم أو تعيق زيادة التيار فتؤخر نموه وتحاول أن تقاوم تناقص التيار فتؤخر تلاشيه.

سؤال: ما المقصود بظاهرة الحث الذاتي؟

جواب: ظاهرة تولد قوة دافعة حثية ذاتية في دارة كهربائية مغلقة نتيجة تغير التدفق المغناطيسي بسبب تغير مقدار تيار الدارة نفسها

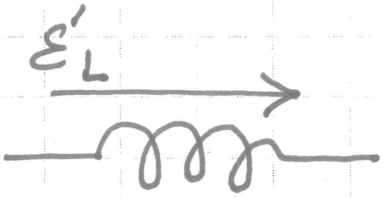
سؤال : بالاعتماد على الشكل المجاور :



(أ) تزايد، بـ طردية (ب) تناقص، بـ عكسية.
(ج) تناقص، بـ طردية (د) تزايد، بـ عكسية.

سؤال : بالاعتماد على الشكل المجاور :

(أ) تزايد، بـ طردية (ب) تناقص، بـ عكسية.
(ج) تناقص، بـ طردية (د) تزايد، بـ عكسية.



سؤال: الشكل المجاور يمثل قوة دافعة حثية ذاتية تولدت في محث أي العبارات تصف التيار المار في المحث :

(أ) ثابت باتجاه اليمين (ب) ثابت باتجاه اليسار (ج) متزايد لليمين
(د) متناقص لليمين (هـ) متزايد لليسار (و) متناقص لليسار

الجواب : (د، هـ) فقط.

حساب قيمة القوة الدافعة الحثية الذاتية

لاحظ أن التدفق عبر المحث يتناسب مع التيار وحسابياً

$$\Phi \propto B \propto I$$

لذلك فإنه التغير في التدفق ($\Delta\Phi$) يتناسب طردياً مع التغير في التيار (ΔI)

$$\Delta\Phi \propto \Delta I$$

لكن حسب فاراداي :

$$\varepsilon' \propto \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

وبالمثل :

$$\varepsilon'_L \propto \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \boxed{\varepsilon' = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}}$$

∴ القوة الدافعة الحثية الذاتية المتولدة في محث $\varepsilon'_L = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$ حيث:

L: ثابت التناسب ويسمى معامل الحث الذاتي للمحث أو محاثة المحث.

$\frac{\Delta I}{\Delta t}$: المعدل الزمني للتغير في التيار أو معدل نمو أو تلاشي التيار.

الإشارة السالبة مرة أخرى تدل على أن القوة الدافعة الحثية المتولدة في المحث تقاوم التغير في التيار الذي كان سبباً في توليدها.

لتعريف معامل الحث الذاتي (L) ⇐ $L = \frac{\varepsilon'_L}{\frac{\Delta I}{\Delta t}}$

- معامل الحث الذاتي (محاثة المحث):-

هو نسبة القوة الدافعة الحثية المتولدة بين طرفي محث الى المعدل الزمني للتغير في التيار المار فيه.

- يعتبر معامل الحث الذاتي (L) مقياس لممانعة المحث للتغير في مقدار التيار المار فيه...

- وحدة قياس (L) هنري (H): $L = \frac{V}{\frac{A}{S}} = V\cdot S/A = H$

حيث $\left(H = \frac{V\cdot S}{A}\right)$

سؤال: ما المقصود بالهنري؟ $1H = \frac{1V}{1\frac{A}{S}}$

الجواب: محاثة محث يتولد فيه قوة دافعة حثية $(1V)$ عندما يكون المعدل الزمني للتغير في التيار المار فيه $(1A/S)$.

سؤال: محث محاثته $(4H)$ ما المقصود بذلك؟ ⇐ $4H = \frac{4V}{1A/S}$

أي أن هذا المحث تتولد فيه قوة دافعة حثية $(4V)$ عندما يتغير فيه التيار بمعدل $(1A/S)$.